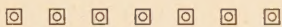


D^r Alexandre RIVOLTA

Recherches quantitatives sur le
Chlore et le Soufre dans l'organisme
de quelques vertébrés et invertébrés



Recherches quantitatives sur le Chlore et le Soufre dans l'organisme de quelques vertébrés et invertébrés



THÈSE

PRÉSENTÉE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE FRIBOURG (SUISSE)

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES

PAR

Alexandre RIVOLTA

DE MILAN



FRIBOURG (SUISSE)

IMPRIMERIE SAINT-PAUL

—
1912

A mio Fratello
in segno
d'affetto e riconoscenza

Ce travail a été exécuté à l'Institut de physiologie de l'Université de Fribourg en Suisse, sur les conseils et sous la direction de M. le professeur Dhéré.

Je prie M. le professeur Dhéré d'agréer mes vifs remerciements pour le constant intérêt qu'il m'a porté pendant mes études et pour le précieux appui qu'il m'a prêté pendant mes recherches.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

TABLE DES MATIÈRES



	Pages.
INTRODUCTION	9

CHAPITRE I

Dosage du soufre et du chlore dans les recherches biologiques.

A. Dosage séparé du soufre et du chlore	13
a) Dosage du soufre	13
b) Dosage du chlore	21
B. Remarques critiques sur les procédés de dosage précédents	24
a) L'oxydation du soufre est-elle complète ?	24
b) Des cyanures se forment-ils pendant la combustion des produits azotés ?	27
c) Y a-t-il formation d'acides oxygénés du chlore ?	30
C. Dosage combiné du soufre et du chlore	31

CHAPITRE II

Le soufre et le chlore dans le sang.

A. Prélèvement du sang	35
B. Le soufre dans le sang total	37
C. Le chlore dans le sang total	38

CHAPITRE III

Le soufre dans l'organisme (le sang excepté).

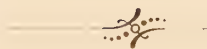
A. Extraction et préparation des organes, tissus et sécrétions	43
B. Le soufre dans le système nerveux	45
C. Le soufre dans le foie, la rate et les reins	48
a) Le soufre dans le foie	49
b) Le soufre dans la rate	50
c) Le soufre dans les reins	51

	Pages.
D. Le soufre dans les muscles squelettiques et dans le muscle cardiaque	51
E. Teneur en soufre de la bile et de l'urine	53

CHAPITRE IV

Le chlore dans l'organisme (le sang excepté).

A. Le chlore dans le système nerveux	60
B. Le chlore dans le foie, la rate et les reins	62
a) Le chlore dans le foie	63
b) Le chlore dans la rate.	64
c) Le chlore dans les reins	64
C. Le chlore dans les muscles squelettiques et dans le muscle cardiaque	65
D. Le chlore dans la bile et dans l'urine	68



INTRODUCTION



Le présent travail est consacré à l'étude de la teneur en soufre et en chlore de quelques organes, tissus et sécrétions, chez divers animaux, presque tous vertébrés. Il se rattache, dans une certaine mesure, aux recherches sur le calcium et sur le phosphore dans l'organisme, faites, également au laboratoire de physiologie de l'Université de Fribourg, respectivement par GRIMMÉ¹ et MAURICE².

Nous nous sommes occupé exclusivement du dosage du *soufre total* et du *chlore total*.

Dans le cas du chlore il n'y avait pas lieu de distinguer différentes formes de combinaisons. Cet élément, en effet, ne se présente qu'à l'état de chlorures minéraux (principalement de potassium, sodium, calcium et magnésium) ou encore d'acide chlorhydrique. Il ne semble pas que, chez les êtres vivants, le chlore existe engagé en combinaison organique, c'est-à-dire lié à un atome de carbone ; on peut seulement rencontrer, chez eux, à côté des composés minéraux

¹ G.-L. GRIMMÉ, Sur le dosage du calcium en physiologie avec applications au sang et au système nerveux. Thèse publiée dans les *Mémoires de la société fribourgeoise des Sciences naturelles*, Série chimie, II, fasc. 3 ; 1906.

² H. MAURICE, Variations avec l'âge dans la teneur de quelques organes en phosphore total et en divers corps phosphorés. Thèse publiée dans les *Mémoires de la société fribourgeoise des Sciences naturelles*, Série physiologie, I, fasc. 3 ; 1910.

du chlore, quelques complexes organiques chlorés, formés vraisemblablement par simple adsorption ; c'est ainsi que, d'après NENCKI et SIEBER ¹, le chlore entre dans la constitution de la pepsine active du suc gastrique où cet enzyme se trouve dans une liqueur contenant de l'acide chlorhydrique. On a de même reconnu la présence, dans le suc gastrique, de combinaisons lâches des peptones avec l'acide chlorhydrique. Mais le contenu du tube digestif est en quelque sorte extérieur à l'organisme, et les composés chlorés précédents ne se trouvent probablement pas à l'intérieur de l'organisme. Par contre, il se peut que, dans les cellules et les liquides de l'organisme, divers chlorures contractent, avec les protéines et d'autres colloïdes, des combinaisons instables, non isolables par l'analyse. On voit donc que le dosage du chlore total est seul à considérer pratiquement.

Il n'en va pas de même dans le cas du soufre, qui se présente à la fois à l'état de combinaisons minérales (sulfates presque uniquement) et à l'état de combinaisons organiques (protéines, cystine, taurine, acide chondroïtine-sulfurique, phénylsulfates, acide sulfocyanique, etc.). Dans l'urine, par exemple, on a pu distinguer et on a souvent dosé séparément des combinaisons sulfurées de différents ordres : 1^o les *sulfates* alcalins ordinaires, 2^o les *phénylsulfates* ou sulfates conjugués à des corps aromatiques, 3^o ce qu'on a appelé le *soufre neutre*, par opposition au soufre acide correspondant aux deux formes précédentes, soufre neutre qui est lui-même complexe, car il comprend le soufre d'amino-acides, comme la cystine et la taurine, celui de l'acide oxyprotéique, de l'acide sulfocyanique, etc. Dans l'analyse des organes et tissus, l'examen de la répartition chimique du soufre a été,

¹ M. NENCKI et S. SIMANOWSKY, Etudes sur le chlore et les halogènes dans l'organisme animal. *Archives des Sciences biologiques*, III, 191 ; 1895.

M. NENCKI et N. SIEBER, Contribution à l'étude du suc gastrique et de la composition chimique des enzymes. *Archives des Sciences biologiques*, IX, 47 ; 1903

d'une façon générale, négligé par les auteurs ¹, et, d'ailleurs, la détermination quantitative simplement du soufre total n'a été faite que bien rarement. Nous avons donc tenu tout d'abord à réunir un nombre suffisant de documents sur la teneur en soufre total, comptant nous occuper plus tard du dosage isolé des différentes catégories de soufre. Malheureusement, après quelques essais en vue de cette dernière étude analytique ², nous avons dû, faute de temps, renoncer à ce complément de notre travail. Nos premières recherches quantitatives sur le soufre total et sur le chlore total ont été exécutées sur des chiens de différents âges, afin de voir s'il y a pour ces éléments des variations au cours de la vie analogues à celles observées, pour le calcium et pour le phosphore, par GRIMMÉ et par MAURICE. N'ayant pas réussi à constater des variations bien remarquables de la proportion de soufre et de chlore en fonction de l'âge, nous avons étendu nos recherches à des espèces plus ou moins éloignées dans la série zoologique : chien, chat, lapin, cobaye, coq, grenouille, chevaine (poisson), écrevisse, escargot. Les résultats que nous avons ainsi obtenus présentent, croyons-nous, un certain intérêt au point de vue de la physiologie comparée.

¹ Il faut cependant citer un travail assez récent de W. КОСН, — sur lequel nous aurons à revenir, — qui contient une étude très soignée de la répartition chimique du soufre dans les substances cérébrales blanche et grise.

² Ces essais ont porté sur du sang et du foie desséchés dont nous nous proposons de déterminer la teneur en *soufre protéique*. La substance a été soumise à une extraction très prolongée par l'eau dans un appareil de SOXHLET. On a précipité, dans la liqueur d'extraction, les protéiques au moyen du tanin d'ALMÉN (après addition de CaCl_2 pour que la précipitation fût bien totale). Connaissant la teneur en soufre total de la substance mise en œuvre, et dosant le soufre dans la liqueur filtrée, on obtenait par différence la fraction protéique du soufre. Cette méthode, que nous n'avons utilisée que pour des essais préliminaires, nous semble assez recommandable, et c'est pourquoi nous l'indiquons ici.

CHAPITRE PREMIER

Dosage du soufre et du chlore dans les recherches biologiques.

A. Dosage séparé du soufre et du chlore.

Le dosage du soufre total et du chlore total dans les tissus et liquides de l'organisme exige la destruction préalable des composés organiques ¹. Cette transformation de la matière organique en matière purement minérale, cette *minéralisation* en un mot, s'effectue par combustion. Un grand nombre de procédés de combustion ont été proposés, en vue notamment du dosage du soufre et du chlore.

a) Dosage du soufre.

L'incinération par voie humide, au moyen de l'action combinée de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique, qui est si avantageuse quand il s'agit du dosage d'un grand nombre de métalloïdes et de métaux, est évidemment inapplicable dans le cas du dosage du soufre. L'emploi de l'acide nitrique seul, même sous pression et à une température élevée (méthode de CARIUS) ne convient pas généralement, étant donnée la grande quantité de matière organique à détruire. L'oxydation par la poudre nitratée est aussi d'un emploi très pénible.

¹ Cependant le chlore total peut être dosé directement, d'une façon presque irréprochable, dans l'urine et dans quelques autres sécrétions.

On a donc cherché depuis longtemps un réactif oxydant plus approprié, et on a cru le trouver dans le peroxyde de sodium ¹. Le procédé de combustion au moyen du peroxyde de sodium, imaginé par PRINGSHEIM ², d'abord en vue du dosage des halogènes et appliqué depuis au dosage du soufre, est celui qui a été généralement adopté ³. Néanmoins, soit la méthode originale de PRINGSHEIM, soit les nombreuses modifications opératoires de cette méthode ou des méthodes antérieures, décrites jusqu'à présent, ne semblent pas être toujours absolument satisfaisantes, et on continue, dans le cas du dosage du soufre, à rechercher des agents de combustion plus convenables.

Ainsi, en s'en tenant uniquement à la période qui correspond au temps de nos recherches, on trouve qu'il a été publié trois travaux consacrés spécialement aux méthodes de minéralisation, en vue du dosage du soufre, par l'emploi de réactifs autres que le peroxyde de sodium. Disons quelques mots de ces méthodes toutes récentes :

WOLF et ÖSTERBERG, au début d'un travail sur la détermination quantitative du soufre et du phosphore, paru à la fin de 1910 ⁴, font remarquer combien le dosage du soufre

¹ ALB. EDINGER. Ueber die Bestimmung des Schwefels und des Chlors mittelst Natriumsuperoxyds. *Zeitschr. f. analyt. Chem.*, XXXIV, 362 ; 1895.

A. VON ASPÖTH. Neue Methode zur Bestimmung des Schwefels in organischen Verbindungen. *Chemiker-Zeitung*, XIX, 2040, 1895.

² H. PRINGSHEIM. *Ber. der D. chem. Ges.*, XXXVI, 4244 ; 1903. *Ibid.*, XLI, 4267 ; 1908.

³ C'est le seul décrit dans le *Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden* de ABDERHALDEN (I, 368 et 371 ; 1909). Disons, dès maintenant, que notre technique personnelle de combustion se rapproche surtout de celle d'EDINGER. Nous n'avons pas connaissance que le procédé d'EDINGER ait été utilisé dans des recherches physiologiques.

⁴ C. G. L. WOLF et E. ÖSTERBERG. Die quantitative Bestimmung von Schwefel und Phosphor. *Biochem. Zeitschr.*, XXIX, 429 ; 1910.

est une opération malaisée : « Auf dem Gebiet des Stoffwechsels ist bekanntlich die quantitative Schwefelbestimmung schwieriger als fast jede andere ebenso oft ausgeführte Analyse ».

Ils proposent d'effectuer la combustion en traitant à chaud la matière organique successivement par l'acide nitrique fumant et par le réactif de BENEDICT (solution de sulfate de cuivre et de chlorate de sodium, ou de potassium). Le manuel opératoire décrit par ces auteurs est compliqué, et, dans le cas du jaune d'œuf, par exemple, la quantité de soufre trouvée en utilisant leur méthode, est notablement inférieure à celle qu'on obtient en se servant de la méthode au peroxyde, comme des expériences comparatives le leur ont démontré.

KOCH et UPSON¹, constatant que la combustion au moyen du peroxyde de sodium ne s'effectue pas correctement quand on a affaire à des substances grasses et humides, conseillent de reprendre la vieille méthode de SCHMIEDEBERG, c'est-à-dire d'oxyder lentement la matière organique avec du nitrate de potassium et de la soude caustique.

Enfin SCHREIBER², toujours dans le but de doser le soufre total contenu dans des substances organiques, recommande d'utiliser un mélange composé de nitrate de sodium, de potasse caustique et de nitrate de magnésium. Mais les résultats relatés par l'auteur montrent que cette méthode n'est pas toujours rigoureuse. Dans le cas d'albumine, par exemple, les valeurs obtenues peuvent être inférieures de 1 % à celles fournies par la méthode au peroxyde.

Il semble donc que c'est toujours à la méthode de combustion au moyen du peroxyde que l'on doit donner la préfé-

¹ W. KOCH et F. W. UPSON, Methoden zur quantitativen chemischen Analyse tierischer Gewebe ; IV. Bestimmung der Elemente mit besonderer Berücksichtigung des Schwefels. *Journ. Amer. Chem. Soc.*, XXXI, 1355-64 ; *Chem. Zentralbl.*, I, 1381 ; 1910.

² H. SCHREIBER, Bestimmung des Gesamtschwefels in organischen Substanzen. *Journ. Amer. Chem. Soc.*, XXXII, 977-85 ; *Chem. Zentralbl.*, II, 1501 ; 1910.

rence, mais qu'il y a lieu de l'adapter plus étroitement aux exigences spéciales de la chimie physiologique. C'est précisément à cette conclusion que sont parvenus DHÉRE et GORGOLEWSKI¹ au cours d'une étude assez récente sur la teneur en soufre de la gélatine déminéralisée. Après avoir utilisé plusieurs des meilleures méthodes alors connues, ces auteurs ont vu que c'est encore la méthode de combustion au moyen du peroxyde qui, modifiée d'une façon appropriée, est la plus avantageuse. La gélatine étant une substance relativement très pauvre en soufre, il s'agissait d'un cas particulièrement difficile ; aussi pouvait-on penser que la technique qui réussissait dans le cas de la gélatine répondrait à tous les desiderata des déterminations physiologiques. C'est en effet ce que nous ont démontré nos recherches personnelles. Mais, avant de les exposer, il y a lieu de reproduire le passage du mémoire de DHÉRE et GORGOLEWSKI relatif au dosage du soufre dans la gélatine :

« Pour effectuer un dosage exact du soufre, on ne peut guère opérer avec moins de 2 gr. de gélatine, et la combustion d'une telle quantité de gélatine est assez difficile à exécuter correctement dans les conditions requises pour permettre la détermination du soufre. Après nous être rendu compte que les méthodes de LIEBIG, d'HAMMARSTEN et d'ASBÓTH ne sont guère pratiques, nous avons essayé de la méthode de PRINGSHEIM, qui est considérée actuellement comme la plus recommandable. Cette méthode consiste essentiellement à brûler la substance organique avec du peroxyde de sodium ; la combustion a lieu dans un creuset de fer ou de nickel, en allumant le mélange avec la pointe, chauffée au rouge, d'un fil de fer. Pour les analyses habituelles, portant sur des substances organiques suffisamment riches en soufre, la méthode de PRINGSHEIM est excellente ;

¹ CH. DHÉRE et M. GORGOLEWSKI, Recherches sur les propriétés physico-chimiques de la gélatine déminéralisée (premier mémoire). *Journ. de Physiol. et de Path. gén.*, XII, 645 ; 1910.

mais, en l'appliquant au dosage du soufre de la gélatine, nous avons trouvé qu'elle présentait plusieurs inconvénients ; elle exige l'emploi d'une trop grande quantité de peroxyde de sodium (33 gr. environ pour brûler 2 gr. de gélatine) et d'acide chlorhydrique (lors de la neutralisation après combustion), d'où il résulte que la précipitation du soufre (à l'état de BaSO_4) se fait dans un volume excessif de liqueur très chargée de chlorure de sodium ; de plus, la combustion d'une masse aussi considérable de mélange explosif est malaisée à effectuer d'une façon irréprochable. La technique que nous allons décrire remédie à ces inconvénients ; elle permet de faire avec facilité des déterminations tout à fait correctes.

Deux grammes de gélatine ¹ sont placés dans un creuset de nickel de 125 c. c., et arrosés avec 4 c. c. d'eau ; quand la gélatine est bien humectée d'eau, on l'additionne de 1 à 2 gr. de peroxyde de sodium pur (Kahlbaum) et on mélange le tout avec une baguette de nickel. Il y a formation de mousse qu'on saupoudre avec du peroxyde, ce qui la fait tomber. En agitant, la masse mousse de nouveau ; on saupoudre alors avec du peroxyde ; et les mêmes manœuvres sont répétées jusqu'à ce qu'on ait ajouté, en tout, à la gélatine 16 gr. de peroxyde. Si le mélange s'échauffe trop au cours de la réaction, on place le creuset dans un bain d'eau froide ; si la masse devient trop sèche et a tendance à brunir, on l'humecte avec quelques gouttes d'eau. Lorsque la réaction est calmée, on chauffe le creuset au-dessus d'une lampe à alcool, tout en remuant la masse de temps en temps. Il faut procéder au chauffage avec assez de lenteur pour éviter que la masse ne brunisse et qu'il n'y ait inflammation du mélange. Le creuset doit finalement être porté à une température suffisamment élevée pour que la masse entre en fusion ignée. On introduit alors $\frac{1}{4}$ de gr. environ de peroxyde ; s'il y a une effervescence

¹ Il n'est pas nécessaire que l'échantillon soit en poudre ; mais il sera, de préférence, en petits fragments.

persistante, c'est que l'oxydation n'est pas complète, et il faut ajouter encore un peu de peroxyde ; dans le cas contraire, qui est celui qu'on observe d'ordinaire, la combustion est terminée : elle a duré environ une heure et a exigé l'emploi de 16 à 17 gr. de peroxyde.

Le dosage du soufre est conduit suivant le mode habituel. »

En utilisant cette technique, les auteurs ont obtenu les résultats suivants avec deux gélatines *déminéralisées*, préparées à partir de deux marques commerciales différentes :

		Moyenne
Soufre dans 100 gr. de gélatine Grüber <i>déminéralisée</i>	$\left\{ \begin{array}{l} \text{gr. } 0,242 \\ \text{» } 0,232 \end{array} \right\}$	gr. 0,237
Soufre dans 100 gr. de gélatine Coignet <i>déminéralisée</i>	$\left\{ \begin{array}{l} \text{gr. } 0,241 \\ \text{» } 0,234 \end{array} \right\}$	gr. 0,237

On le voit, les valeurs trouvées concordent d'une façon absolument satisfaisante.

Nous avons répété le dosage du soufre dans la gélatine au moyen du manuel opératoire préconisé par DHÉRÉ et GORGOLEWSKI ; mais, comme nous n'avions pas de gélatine déminéralisée à notre disposition, nous avons utilisé telle quelle une gélatine commerciale. Nous avons ensuite étendu nos analyses à d'autres substances protéiques. Nos résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 1

Substance	Prise d'essai	Ba SO ₄	S %	Moyenne
Gélatine ¹ . . .	gr. 2,00	0,1076	0,739	0,740 %
»	» 2,00	0,1080	0,740	
»	» 1,50	0,0782	0,740	
Albumine ² . . .	» 2,00	0,2064	1,415	1,420 %
»	» 2,00	0,2082	1,420	
»	» 0,50	0,0520	1,425	
Hémoglobine ³ . .	» 2,00	0,0612	0,420	0,423 %
»	» 2,00	0,0632	0,430	
»	» 0,50	0,0160	0,420	
Caséine ⁴	» 2,00	0,1038	0,710	0,705 %
»	» 2,00	0,1043	0,715	
»	» 0,50	0,0256	0,690	

L'examen de ce tableau permet de se convaincre que la méthode fournit des chiffres bien concordants entre eux, même dans le cas où l'on n'opère que sur une très petite prise d'essai, ce qui est particulièrement avantageux pour les recherches physiologiques. Au point de vue technique, nous croyons devoir ajouter quelques indications à celles données par DHÉRE et GORGOLEWSKI.

Quand on effectuera la minéralisation en vue du dosage

¹ Marque « Bear » extra.

² Albumin aus Ei (Kahlbaum).

³ Hémoglobine pure du commerce (Adrian).

⁴ Casein nach HAMMARSTEN (Kahlbaum). Produit desséché à poids constant entre 100° et 105°. — La valeur que nous avons obtenue pour la teneur moyenne en soufre de cette caséine correspond très bien à la valeur moyenne des déterminations d'HAMMARSTEN, qui est 0,71 % (les chiffres extrêmes étant 0,619 et 0,775 %). Cf. O. HAMMARSTEN, Zur Frage, ob das Casein ein einheitlicher Stoff sei. *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, VII, 259; 1883.

du soufre seul, on se trouvera bien d'employer, dans la dernière période de la combustion, une lampe à alcool de BARTHEL¹ qui permet de porter rapidement le creuset au rouge sombre. En inclinant le creuset, maintenu au-dessus de la flamme de la lampe Barthel, et lui imprimant un mouvement de rotation autour de son axe, on parvient en quelques instants la combustion des particules de substance imprégnées de peroxyde qui, restées attachées aux parois au-dessus du fond, n'auraient pas été encore brûlées complètement. En aucun cas, on ne portera le creuset au rouge pendant plus de deux minutes environ, ce qui évitera toute attaque profonde du creuset. (Quand cette attaque a eu lieu, on le reconnaît à ce que la solution du produit provenant de la combustion présente, après acidification, une coloration rose tenant à la présence de cobalt que contient le nickel de qualité ordinaire².)

Voici, à titre d'exemples, les quantités d'eau introduite, de peroxyde de sodium employé pour la minéralisation, et d'acide chlorhydrique (dens. 1,125 = 25 %) versées pour la neutralisation après combustion, dans l'analyse d'un échantillon de deux grammes chaque fois de gélatine, d'albumine, d'hémoglobine et de caséine. Quant à la durée de la combustion, elle était à peu près constante, et d'une heure environ dans chaque cas.

¹ G. BARTHEL, Ueber Spiritusbunsenbrenner. *Ber. d. D. chem. Ges.*, XXV, 2646 ; 1892.

² Quand on observe ces précautions, on ne constate, après chaque opération, qu'une attaque tout à fait insignifiante du creuset. Ainsi, dans un même creuset, nous avons pu, en moyenne, faire une trentaine de minéralisations. Plusieurs creusets ont même servi à une cinquantaine de combustions avant d'être mis hors d'usage. On ne peut donc pas adresser à notre procédé de combustion le reproche d'être dispendieux du fait de l'emploi comme récipients de creusets de nickel. C'est là un point que nous tenons à relever, car WOLF et ÆSTERBERG (*loc. cit.*, 431) ont fait valoir contre la méthode de PRINGSHEIM que l'emploi de creusets de nickel, rapidement détériorés après quelques fusions, est très onéreux.

Tableau II

Substance	Prise d'essai	Eau	Peroxyde de sodium	Acide chlorhydrique
Gélatine . . .	gr. 2	cc. 4-6	gr. 16-17	cc. 58
Albumine. . .	» 2	» 4-5	» 17	» 58
Hémoglobine. .	» 2	» 4-7	» 19-20	» 60
Caséine . . .	» 2	» 5-6	» 17	» 58

Ajoutons que le dosage du soufre, amené à l'état de sulfate dans la liqueur d'incinération, a toujours été effectué par le procédé classique de transformation en sulfate de baryum. On versait dans la liqueur (préalablement filtrée si, ce qui est exceptionnel, il y avait des particules de charbon en suspension) très légèrement acide, portée à l'ébullition, un excès de solution bouillante de chlorure de baryum à 4 %, et on maintenait au voisinage de l'ébullition pendant quelques minutes. On laissait alors la liqueur au repos pendant 12 à 24 heures. Le précipité de sulfate de baryum, recueilli dans un creuset de GOOCH taré¹, était soigneusement lavé et desséché et enfin chauffé (jusqu'à poids constant) au voisinage du rouge sombre. Le poids du soufre est calculé d'après le poids du sulfate de baryum obtenu.

b) Dosage du chlore.

Quand on se propose de doser le chlore, on pratique l'incinération comme il a été dit plus haut, mais en évitant de porter le mélange à une température trop élevée, pour ne

¹ Le fond du creuset de GOOCH est garni d'amiante spécialement préparée pour cet usage. On doit faire passer dans le creuset de l'eau distillée jusqu'à ce qu'il n'y ait plus entraînement de la moindre particule d'amiante. Ce n'est qu'alors que l'on peut procéder à la dessiccation du creuset en vue de la pesée.

pas volatiliser de chlorures. On ne devra donc, dans aucun cas, atteindre la température du rouge sombre, et on cherchera même à ne pas dépasser la température de 300° ¹. (L'emploi de la lampe BARTHEL n'est donc pas recommandable dans ce cas.) Pour obtenir une oxydation bien complète sans surchauffer le mélange, il est en général nécessaire de forcer notablement la dose de peroxyde, d'arriver presque, dans certains cas, aux doses indiquées dans la méthode originale de PRINGSHEIM.

La masse provenant de la combustion est dissoute dans l'eau, additionnée d'acide nitrique² jusqu'à légère acidification, et le chlore est précipité à chaud (60° - 70°) au moyen de nitrate d'argent. On abandonne au repos pendant 12 à 24 heures. Le précipité de chlorure d'argent est recueilli dans un creuset de GOOCH garni d'amiante, soigneusement lavé, enfin chauffé à une température ne dépassant pas 250° ³ et pesé.

Nous croyons bon de relater ici quelques-uns de nos essais préliminaires qui nous ont permis de nous rendre compte de la valeur de ce procédé de dosage. Nous avons préparé une solution contenant approximativement un gramme par litre de chlorure de sodium chimiquement pur (de TH. SCHUCHARDT, Gœrlitz), c'est-à-dire environ 0 gr. 6078 de chlore par litre. Le titre de cette liqueur, déterminé par la méthode volumétrique de MOHR, était de 0 gr. 6035 de chlore par litre. De cette solution nous avons prélevé 25 cc.

¹ Pour apprécier approximativement la température la plus élevée à laquelle parvenait la masse pendant la minéralisation, nous avons mis le creuset chauffé en contact avec des substances à point de fusion connu : nous avons observé la fusion de la phénanthrène-quinone (200°), mais non celle de l'anthraquinone (285°).

² Chimiquement pur, vérifié exempt d'halogènes.

³ A l'article « Chlorure d'argent » du *Traité de Chimie minérale* de H. MOISSAN (V, 524 ; 1906) il est dit que le chlorure d'argent commence à se volatiliser à 260° , et qu'au rouge, la perte de poids est sensible ; c'est pourquoi, dans les dosages d'argent par le chlorure, on évite de le fondre complètement.

dans lesquels nous avons dosé le chlore par la méthode gravimétrique ordinaire.

Les résultats ont été les suivants :

		P. 1000 cc. en moyenne	
a) 25 cc. de liqueur ont donné ClAg gr. 0,606 soit gr. 0,0593 Cl.	}	gr. 0,594.	
b) 25 cc. » » ClAg » 0,608 » » 0,0595 Cl.			

La teneur obtenue par dosage gravimétrique était donc légèrement inférieure à celle obtenue par dosage volumétrique, comme c'est le cas habituel.

Nous avons alors introduit dans 25 cc. de la solution titrée de chlorure de sodium, 10 grammes de nitrate de sodium ¹; cela afin de nous rendre compte si la présence d'une grande quantité de nitrate de sodium, comme celle qui devait se trouver dans nos liqueurs physiologiques, ne nuisait pas au dosage du chlore.

Voici le résultat obtenu dans cet essai :

25 cc. de liqueur + 10 gr. de NaNO₃ ont donné ClAg gr. 0,0604,
soit gr. **0,598** Cl. p. 1000 cc.

Dans un second essai, nous avons porté la dose de nitrate de sodium à 30 grammes et avons encore obtenu un résultat suffisamment concordant avec le précédent :

25 cc. de liqueur + 30 gr. de NaNO₃ ont donné ClAg gr. 0,0612,
soit gr. **0,604** Cl. p. 1000 cc.

On voit donc que, dans une liqueur très chargée en nitrate de sodium, la précipitation des chlorures est bien totale. Nos résultats semblent même indiquer que la précipitation, dans un tel milieu, est plus complète qu'en l'absence de nitrate de sodium, puisque le précipité de nitrate d'argent obtenu fut alors très légèrement supérieur ; à moins que cet excès de précipité ne soit dû, ce que nous ne croyons pas être, à l'existence d'une trace d'impureté.

¹ Nitrate de sodium chimiquement pur, vérifié exempt de substances précipitables par le nitrate d'argent.

Nous avons complété cette étude en brûlant, au moyen du peroxyde de sodium, du saccharose exempt de chlore (1 gr.), arrosé de solution de chlorure de sodium (4 cc. de notre solution titrée).

Une première détermination nous donna 0 gr. 0096 Cl Ag, soit une teneur en chlore de 0 gr. 591 p. 1000 cc. ; une seconde détermination nous donna 0 gr. 0097 Cl Ag, soit une teneur en chlore de 0 gr. 597 p. 1000 cc.

Nous groupons dans un tableau nos résultats successifs :

Tableau III

1 ^o	25 cc. solut. Na Cl	gr. 0,593 p. 1000 cc.
2 ^o	25 cc. » »	» 0,595 »
3 ^o	25 cc. » » + 10 gr. Na NO ₃	» 0,598 »
4 ^o	25 cc. » » + 30 gr.	» 0,604 »
5 ^o	4 cc. » » + 1 gr. saccharose	» 0,591 »
6 ^o	4 cc. » » + 1 gr.	» 0,597 »

Les deux derniers essais, en présence de saccharose, dans lesquels la quantité de solution titrée de NaCl était plus de 6 fois inférieure à celle utilisée dans les dosages précédents, ont donné, comme on le voit, des résultats d'une exactitude très suffisante ; et nous pouvons, croyons-nous, considérer le procédé de dosage du chlore que nous venons de décrire, comme entièrement satisfaisant.

B. Remarques critiques sur les procédés de dosage précédents.

Nous allons examiner quelques objections dont on pourrait croire passibles les procédés de dosage précédents.

a) L'oxydation du soufre est-elle complète ?

Plusieurs auteurs, qui ont dosé le soufre contenu dans des produits organiques physiologiques après combustion

par le peroxyde de sodium, ont cru qu'il était nécessaire de parfaire l'oxydation en traitant la liqueur à chaud par l'eau de brome, avant d'effectuer la précipitation. C'est le cas, par exemple, dans la technique de combustion par le peroxyde de sodium qu'ont proposée NEUMANN et MEINETZ¹. Montrons que cette oxydation complémentaire est absolument superflue avec notre procédé.

Dans les essais parallèles dont nous allons relater quelques-uns, les dosages étaient conduits comme il a été dit p. 16 et suivantes, sauf que, pour une des deux séries, on faisait précéder la précipitation par le chlorure de baryum d'un traitement par l'eau de brome, conformément aux indications données par NEUMANN et MEINETZ.

Avec traitement par l'eau de brome :

Caséine	gr. 0,5	ont donné	Ba SO ₄	gr. 0,0266,	soit gr. 0,72	S %.
Albumine	» 0,5	»	Ba SO ₄	» 0,0519,	» » 1,425	S %.

Sans traitement par l'eau de brome :

Caséine	gr. 0,5	ont donné	Ba SO ₄	gr. 0,0265,	soit gr. 0,72	S %.
Albumine	» 0,5	»	Ba SO ₄	» 0,0523,	» » 1,43	S %.

Il n'y a, par conséquent, aucun inconvénient à supprimer, comme nous l'avons fait, le traitement par l'eau de brome.

Nous avons fait de plus quelques essais pour apprécier le pouvoir oxydant du peroxyde de sodium sur les sulfures alcalins, essais qu'il n'est peut-être pas sans intérêt de consigner ici.

Pour tous ces essais, nous nous sommes servi de sulfure de sodium chimiquement pur² en solution aqueuse à 2 % environ. Nous avons déterminé rigoureusement tout d'abord le titre de notre solution, en oxydant un volume exactement mesuré par l'eau de brome, suivant la technique décrite par

¹ A. NEUMANN et J. MEINETZ, Zur Schwefelbestimmung mittels Natriumperoxyd. *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, XLIII, 37 ; 1904-05.

² Natriumsulfid zur Analyse mit Garantieschein (Kahlbaum).

TREADWELL¹. Ce titre était de 0 gr. 2621 de soufre, par 100 cc. correspondant à une teneur en sulfure de sodium de 0 gr. 6388 % (au lieu de 0 gr. 266 de S % correspondant à 0 gr. 648 % de sulfure de sodium, valeurs théoriques²). Dans une première série d'essais, nous avons examiné l'influence sur la marche de l'oxydation de la quantité de peroxyde ajoutée, l'oxydation s'effectuait à la température ordinaire pendant la durée invariable d'une demi-heure.

Tableau IV

Solut. de Na ₂ S	Na ₂ O ₂ employé	Ba SO ₄ obtenu	S p. 100 cc.
cc. 1	gr. 0,25	gr. 0,0164	gr. 0,2252
» 1	» 0,50	» 0,0174	» 0,2389
» 1	» 0,75	» 0,0194	» 0,2621
» 1	» 1,00	» 0,0194	» 0,2621

Dans une seconde série d'essais, nous avons fait varier seulement la durée d'action du peroxyde, la quantité de peroxyde employée étant de 0 gr. 25 pour chaque essai.

Tableau V

Solut. de Na ₂ S	Durée de l'oxydation	Ba SO ₄ obtenu	S p. 100 cc.
cc. 1	1/2 heure	gr. 0,0154	gr. 0,2115
» 1	1 » 1/2	» 0,0170	» 0,2334
» 1	10 » 1/2	» 0,0180	» 0,2476

¹ F. P. TREADWELL, *Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie*, II. 245 : 1905.

² Nous considérons ces valeurs comme théoriques en supposant qu'il s'agit du monosulfure cristallisé de formule Na₂S + 9H₂O contenant 13.30 % de S et 32.91 % de sulfure de sodium anhydre.

On voit donc que, même sans chauffer la liqueur, l'oxydation du sulfure de sodium par le peroxyde est très énergique.

Dans la combustion des matières organiques sulfurées, l'oxygène, fourni par la substance comburante, se fixe non seulement sur le soufre, mais il se porte encore sur le carbone, et, de plus, éventuellement, sur l'hydrogène, l'azote, le phosphore, etc. Il nous a donc semblé nécessaire d'examiner la marche de l'oxydation en présence d'une substance organique. Nous avons opéré en présence de saccharose pur, qui exige de l'oxygène seulement pour la combustion du carbone.

Solut. de Na_2S	cc. 1,00	} BaSO_4 obtenu : gr. 0,00190, soit gr. 0,2609 Sp. 100 cc.
Saccharose	gr. 0,50	
Na_2O_2	gr. 5,00	

La présence d'une substance organique, comme le saccharose, n'entrave donc pas, dans une proportion appréciable, l'oxydation du sulfure de sodium dans les conditions expérimentales où nous nous sommes placé.

Nous ferons encore remarquer que, constamment, dans nos combustions physiologiques, lorsqu'on versait de l'eau sur le contenu du creuset refroidi, il y avait échauffement de la masse et bientôt dégagement de bulles d'oxygène. Le produit de la combustion se trouvait donc en présence d'un excès de peroxyde qui se décomposait en donnant de l'eau oxygénée. Or, on sait qu'à chaud, l'eau oxygénée, comme l'eau de brome, transforme rapidement les sulfures alcalins en sulfates. Par conséquent, pendant ce dernier temps opératoire, précédant la précipitation, il pouvait y avoir parachèvement éventuel de l'oxydation du soufre.

b) Des cyanures se forment-ils pendant la combustion des produits azotés ?

On sait que les cyanures alcalins donnent avec le nitrate d'argent en excès un précipité de cyanure d'argent. La présence de cyanure doit donc entacher d'une erreur additive les dosages de chlore, et il y a lieu de se rendre compte

si cette cause d'erreur peut intervenir dans notre procédé de dosage. LANGLOIS et RICHET¹ ont proposé, en 1900, une méthode de dosage du chlore qui, excellente à bien des égards, offre précisément l'inconvénient de permettre, pendant la combustion, la formation de cyanures, qu'il faut éliminer avant d'effectuer la précipitation du chlore.

Voici brièvement résumée, d'après RACHID², la technique de ces auteurs :

« Les tissus pesés frais sont additionnés de potasse pure
« et portés à l'étuve sèche à 100°. Il se produit une liqué-
« faction qui facilite le mélange intime de la potasse avec
« les tissus. La substance desséchée est calcinée incomplète-
« ment, en ce sens qu'il reste un charbon. Ce charbon est
« broyé, bouilli avec de l'eau distillée et l'eau filtrée. On
« épuise le filtre par l'eau bouillante. Le liquide est neutralisé
« par de l'acide nitrique et on ajoute un notable excès de
« cet acide. La liqueur acide est chauffée au bain-marie
« pendant deux heures pour se débarrasser de l'acide cyan-
« hydrique. On neutralise enfin avec du carbonate de chaux
« et on titre avec le nitrate d'argent en présence de chromate
« neutre de potasse. »

Pour répondre à la question de la formation éventuelle de cyanures pendant la combustion des produits azotés avec le peroxyde de sodium, nous avons fait les essais suivants :

Nous nous sommes d'abord demandé si les cyanures alcalins préformés pouvaient être détruits lors des combustions effectuées au moyen de peroxyde.

Du cyanure de potassium fut ajouté, en poids connu, à du saccharose et la combustion fut effectuée comme à

¹ J.-P. LANGLOIS et Ch. RICHET, De la proportion des chlorures dans les tissus de l'organisme. *Journ. de Physiol. et de Path. gén.* II, 742 ; 1900.

² K. RACHID, Etude sur les variations du chlore dans l'organisme. *Thèse de doctorat en médecine*, 14 ; 1900.

l'ordinaire, puis on dosa l'acide cyanhydrique dans le produit provenant de la combustion :

- α) 1 gr. de saccharose + gr. **0,1004** de **KCN** + 12 gr. de Na_2O_2
donnèrent Ag Cy gr. 0,0420, soit gr. 0,008153 de CN
corresp. à gr. **0,0204** de **KCN**.
- β) 1 gr. de saccharose + gr. **0,1** de **KCN** + 12 gr. de Na_2O_2
donnèrent Ag Cy gr. 0,0392, soit gr. 0,007609 de CN
corresp. à gr. **0,019** de **KCN**.
- γ) 1 gr. de saccharose + gr. **0,1** de **KCN** + 8 gr. de Na_2O_2
donnèrent Ag Cy gr. 0,1934, soit gr. 0,03149 de CN
corresp. à gr. **0,0773** de **KCN**.
- δ) 1 gr. de saccharose + gr. **0,1116** de **KCN** + 6 gr. de Na_2O_2
donnèrent Ag Cy gr. 2100, soit gr. 0,04076 de CN
corresp. à gr. **0,1099** de **KCN**.

La proportion des cyanures diminue donc par le fait de la combustion, et cela d'autant plus que la combustion est effectuée au moyen d'une quantité plus grande de peroxyde de sodium. Nous avons alors étudié l'élimination de l'acide cyanhydrique par le procédé de LANGLOIS et RICHET légèrement modifié :

Dans 5 cc. d'une solution de cyanure de potassium à 10 %, — introduits dans un verre et additionnés d'acide nitrique jusqu'à réaction franchement acide, puis étendus d'eau, — on fit barboter un courant d'air filtré pendant une demi-heure, à la température ordinaire. On opéra de même sur une seconde portion de 5 cc. de solution de cyanure de potassium, à la température de 60° environ. L'acide cyanhydrique restant dans les liqueurs fut dosé sous forme de cyanure d'argent.

- 5 cc. de solution de **cyanure de potassium à 10 %**, traités
à froid, donnèrent gr. 0,3844 Ag Cy soit gr. 0,0679 CN,
soit **3 gr. 4028 KCN** p. 100 cc.
- 5 cc. de solution de **cyanure de potassium à 10 %**, traités
à chaud (60°) donnèrent gr. 0,0098 Ag Cy soit gr. 0,001902 CN,
soit gr. **0,0953 KCN** p. 100 cc.

L'élimination de l'acide cyanhydrique se fait donc très

bien à chaud dans ces conditions. Nous avons appliqué d'une façon comparative ce traitement à plusieurs dosages physiologiques. Nous relatons le suivant à titre d'exemple :

Essai α)	gr. 1	cerveau de cheval sec a fourni	ClAg gr. 0,2244	soit gr. 0,59	Cl %
» β)	» 0,5	»	» ClAg » 0,0126	» » 0,60	Cl %
» γ)	» 0,5	»	» ClAg » 0,0126	» » 0,60	Cl %
» δ)	» 0,5	»	» ClAg » 0,0130	» » 0,64	Cl %

Les essais α et β ont été faits simplement par le procédé de dosage ordinaire ; les essais γ et δ ont subi, en plus, le traitement pour l'élimination éventuelle des cyanures : à froid, pendant une heure, pour l'essai γ ; à chaud, pendant également une heure, pour l'essai δ . Tous ces résultats sont concordants, comme on le voit, et nous pouvons en conclure qu'il ne se forme pas de cyanures dans les combustions faites suivant notre procédé.

c) Y a-t-il formation d'acides oxygénés du chlore ?

Après avoir prouvé que notre procédé de dosage du chlore ne fournit pas de valeurs trop fortes, comme cela serait le cas s'il y avait formation de cyanures, montrons qu'il ne fournit pas non plus de valeurs trop faibles, comme cela serait le cas s'il y avait formation d'acides oxygénés du chlore. On sait que, dans la combustion (par le peroxyde de sodium) des matières organiques halogénées, il peut se former des acides oxygénés de ces halogènes, acides oxygénés qu'on doit, avant de faire agir le nitrate d'argent, réduire au moyen, par exemple, d'acide sulfureux, comme l'a indiqué ALEFELD¹. Ce traitement par un agent réducteur, dans le cas tout au moins du dosage du chlore par le procédé que nous employons, est assurément tout à fait superflu, car jamais, dans les nombreuses expériences de contrôle, que

¹ E. ALEFELD, Eine Vereinfachung der gravimetrischen Halogensilberbestimmung. *Zeitschr. f. analyt. Chem.*, XLVIII, 70 ; 1909.

nous avons faites, nous n'avons obtenu de quantités de chlore sensiblement inférieures aux quantités réelles. C'est ce que démontrent, notamment, les expériences relatées p. 19 et 20.

C. Dosage combiné du soufre et du chlore.

L'exposé que nous venons de faire de nos procédés de dosage séparé du soufre et du chlore, aura sans doute convaincu le lecteur de la sûreté de notre technique et, par conséquent, de la confiance que méritent les résultats physiologiques ainsi obtenus. Malheureusement, il n'est pas toujours possible, en physiologie, de doser à part le soufre et le chlore, à cause des faibles quantités de matière dont on dispose dans certains cas. Nous avons donc cherché à élaborer un procédé permettant le dosage combiné de ces deux éléments.

Ce procédé consiste à aciduler par l'acide nitrique la liqueur d'incinération, et à précipiter d'abord le soufre par addition de nitrate de baryum. Après avoir recueilli le précipité de sulfate de baryum, on procède, comme d'habitude, à la précipitation du chlore.

La valeur de cette technique a été également éprouvée par des expériences préliminaires. Nous avons dosé le soufre dans l'albumine d'œuf, successivement en milieu chlorhydrique, et en milieu nitrique. Le tableau VI contient nos résultats.

Tableau VI

					Teneur moyenne
Albumine ¹	gr. 2	en milieu	<i>chlorhydrique</i>	gr. 1,591 S %	} gr. 1,5905
»	» 1	»	»	» 1,590 S %	
»	» 1	»	<i>nitrique</i>	» 1,590 S %	} gr. 1,591
»	» 1	»	»	» 1,588 S %	
»	» 1	»	»	» 1,589 S %	
»	» 1	»	»	» 1,597 S %	

¹ Cette albumine n'est pas la même que celle utilisée pour les essais consignés dans le tableau I.

Ces résultats semblent démontrer qu'on peut effectuer des déterminations tout aussi exactes en milieu chlorhydrique et en milieu nitrique.

Cependant, d'après TREADWELL¹, le précipité de sulfate de baryum qui se forme en milieu nitrique, contient toujours des quantités notables de nitrate de baryum qu'on ne parvient pas à éliminer par lavage à l'eau bouillante. Cette cause d'erreur ne devait pas intervenir dans les conditions opératoires où nous nous plaçons ; il est vrai que, suivant les conseils donnés par TREADWELL, pour éviter l'entraînement de chlorure de baryum dans le précipité de sulfate de baryum, nous versions la solution de nitrate de baryum goutte à goutte en évitant d'ajouter un grand excès. Par contre, nous avons constaté que, sous peine d'obtenir des valeurs trop faibles (et quelquefois considérablement trop faibles), la liqueur ne devait contenir qu'une faible quantité d'acide nitrique libre. Cela résulte des expériences que nous allons rapporter :

Nous avons brûlé deux échantillons d'albumine de deux grammes chacun. Une des liqueurs (A) fut additionnée d'un excédent d'acide nitrique (dens. = 1.40) de 20 gouttes (25 gouttes = 1 cc.) ; l'autre liqueur (B) fut additionnée d'un excédent de 50 gouttes².

La liqueur A donna gr. 0,2324 BaSO₄ soit gr. **1,591** de S p. 100 gr. d'albumine
 » B » » 0,2212 BaSO₄ » » **1,519** » S » » »

Par conséquent, le premier résultat était exact, tandis que le second était notablement trop faible. Après quelques jours, en regardant les solutions filtrées, — que nous avons mises de côté dans des flacons, — nous avons remarqué que, dans le flacon contenant la première solution, il n'y avait aucun dépôt ; au contraire, dans le flacon contenant la seconde solution, il s'était formé un dépôt de sulfate de

¹ TREADWELL. *Loc. cit.*, 338.

² Le volume de chacune de ces liqueurs était d'environ 225 cc.

baryum qui, recueilli, nous donna 0 gr. 0106 de sulfate de baryum. Ce précipité, ajouté au premier précipité de la liqueur B (0 gr. 2212), fournit une quantité totale de sulfate de baryum (0 gr. 2318) équivalente à celle obtenue avec la liqueur A.

Dans un troisième essai analogue, l'excédent d'acide nitrique était de 3 cc. environ. On obtint un résultat beaucoup trop faible. Au bout de trois jours, il y avait dans le filtrat un dépôt qui fut recueilli et pesé ; le second filtrat, abandonné au repos pendant 3 jours, fournit encore un léger dépôt qui fut recueilli et pesé. Le troisième filtrat resta indéfiniment limpide. En additionnant les poids des trois précipités recueillis successivement nous obtînmes un résultat concordant avec les précédents.

Ces expériences démontrent que le sulfate de baryum se précipite d'autant plus lentement que l'excès d'acide nitrique est plus grand.

La règle pratique qui se dégage de ces observations, c'est qu'il ne faut qu'à peine dépasser la neutralisation quand on verse l'acide nitrique. Si l'on craint d'avoir introduit un trop grand excès d'acide nitrique, on mettra de côté le filtrat pendant 24 à 48 heures, et ce ne sera qu'après s'être assuré qu'il ne s'est pas formé un nouveau précipité qu'on procédera au dosage du chlore.

Ajoutons que ce dosage combiné du soufre et du chlore, étant d'une exécution assez délicate, nous n'y avons eu recours que d'une façon exceptionnelle, et seulement dans le cas où la faible quantité de matériel dont nous disposions, ne permettait pas de faire le dosage séparé des deux éléments.

Si l'on jette un coup d'œil d'ensemble sur le contenu de ce chapitre, on voit qu'en somme les techniques que nous avons décrites offrent les avantages suivants :

- 1° *Simplicité du manuel opératoire* ;
- 2° *Economie des réactifs* (Peroxyde de sodium, acides chlorhydrique et nitrique) ;
- 3° *Rapidité d'exécution* (Il faut une heure environ pour

chaque combustion, mais il est très facile de mener de front au moins deux combustions) ;

4^o *Possibilité de faire des dosages corrects avec une très petite prise d'essai ;*

5^o *Possibilité de doser dans un seul échantillon le soufre et le chlore (dosage combiné) ;*

6^o *Possibilité de doser le soufre et le chlore dans les produits physiologiques aussi bien à l'état frais qu'à l'état sec.*



CHAPITRE II

Le soufre et le chlore dans le sang.

Nous commencerons l'exposé de nos recherches physiologiques en traitant de la teneur du sang total en soufre et en chlore. Mais, auparavant, nous devons décrire comment était prélevé le sang.

A. Prélèvement du sang.

Le procédé de prélèvement du sang a varié suivant l'espèce animale. Chez le *chien*, le *chat*, le *lapin*, une carotide était mise à nu, et on introduisait dans le bout cardiaque une canule de dimension appropriée, dont l'orifice extérieur était prolongé par un tube en caoutchouc. Ce dernier amenait directement le sang, à la sortie du vaisseau, dans des creusets tarés. En pesant ensuite les creusets, on obtenait par différence le poids de sang recueilli.

Chez les tout jeunes lapins et chez les *cobayes*, nous avons trouvé préférable (principalement pour éviter autant que possible les pertes de sang) de sectionner complètement l'artère, et de recueillir directement le sang dans une éprouvette entourée d'un mélange réfrigérant, afin de retarder la coagulation. Le sang était ensuite réparti en quantités à peu près égales dans des creusets de nickel tarés.

Chez les *poissons* et les *grenouilles*, nous mettions le cœur à nu et nous le ponctionnions avec l'aiguille d'une seringue de PRAVAZ, à piston en verre rodé. Le sang était recueilli par aspiration.

Chez les *escargots*, on sectionnait la coquille dans la région correspondant au poumon, et on incisait le cœur et

les gros vaisseaux. Le sang qui s'écoulait passait sur un filtre destiné à retenir diverses impuretés éventuelles (petits débris de la coquille et mucine).

Enfin, chez les *écrevisses*, on se procurait le sang en sectionnant, à leur partie basilaire, les deux grosses pinces. Le sang tombait directement dans les creusets tarés.

La quantité de sang mise en œuvre pour les dosages, était en moyenne de 4 gr., les quantités extrêmes ayant été de 1 gr. 25 et 7 gr. Les plus petits échantillons étaient réservés pour le dosage du chlore. Les analyses de sang ont été faites individuellement, sauf chez les grenouilles, les escargots et les *écrevisses*.

Chez les grenouilles, chaque échantillon était constitué par le sang mélangé provenant de 7 à 8 sujets. On obtint ainsi : près de 1 gr. 5 de sang chez *Rana temporaria*, et 3 gr. environ chez *Rana esculenta*. Chaque échantillon de sang d'escargot pesait environ 5 gr. 5, et provenait de 5 sujets. Chaque échantillon de sang d'écrevisse pesait environ 6 gr. 5 et provenait de 7 sujets.

Un point très important, c'est d'éviter, autant que possible, une perte de poids de l'échantillon par évaporation avant la pesée. Les creusets, aussitôt qu'ils avaient reçu les échantillons, de sang, étaient introduits dans une chambre humide (exsiccateur de FRÜHLING et SCHULZ, dans lequel il y avait une couche d'eau de quelques millimètres d'épaisseur).

Les creusets restaient recouverts d'un verre de montre pendant tout le temps de la pesée.

La plupart des animaux étaient anesthésiés pendant l'opération.

Les chiens et les lapins recevaient en injection sous-cutanée $\frac{1}{2}$ cc. par kgr. de la solution :

Acétate de morphine	1 gr.
Acétate de soude	0 gr. 50
Eau distillée	50 gr.

La narcose était complétée par inhalation d'éther. Les chats, les poules et les cobayes étaient endormis en les

plaçant dans une enceinte où on faisait passer un courant d'air chargé de vapeurs d'éther.

Les autres animaux ne furent soumis à l'action d'aucun narcotique ; mais, chez les grenouilles l'encéphale était préalablement détruit.

B. Le soufre dans le sang total.

Le dosage du soufre contenu dans le sang n'a été fait que très rarement. Nous avons seulement trouvé dans la littérature 5 chiffres, que nous reproduisons ci-dessous :

DENNSTEDT & RUMPF ¹ .		{	max. gr. 0,2052 S %
		{	min. » 0,0730 S %
ERBEN ¹	{ Anémie pernicieuse . . .	»	0,0848 S %
	{ Néphrite chronique	{	max. » 0,0310 S %
		{	min. » 0,0175 S %

Ces chiffres se rapportent à l'homme, et les trois derniers, tout au moins, concernent des cas pathologiques.

Si maintenant nous considérons les résultats de nos recherches personnelles (voir le tableau VII, p. 41), nous pouvons relever les faits suivants :

Dans le groupe des chiens de différents âges, si nous faisons la moyenne pour les sujets de moins d'un an d'une part, et pour les sujets de plus d'un an d'autre part, nous trouvons respectivement les teneurs de 0 gr. 125 S % et de 0 gr. 142 S %. Ces valeurs moyennes semblent indiquer que la teneur du sang en soufre augmente avec l'âge. Mais c'est là une conclusion qu'on ne peut admettre qu'avec réserve, car notre série est bien courte et, surtout dans le groupe de jeunes chiens, il y a d'assez grands écarts entre les chiffres individuels. L'influence de l'âge sur cette teneur peut donc être considérée comme plutôt douteuse.

En comparant les teneurs moyennes chez les diverses

¹ Chiffres cités d'après A. ALBU et C. NEUBERG, *Physiologie und Pathologie des Mineralstoffwechsels*, 20 ; 1906.

espèces examinées, nous observons des différences importantes qui ressortent bien à l'inspection du tableau suivant, où nous avons ordonné les espèces d'après la teneur croissante de leur sang en soufre.

S. dans 100 p. de sang frais :	Escargot.	0,055
»	» Ecrevisse	0,056
»	» Cobaye	0,083
»	» Lapin.	0,086
»	» Grenouille.	0,107
»	» Chien.	0,127
»	» Coq.	0,133
»	» Chat	0,148
»	» Chevaine (poisson) .	0,174

Ainsi, il y a entre les teneurs des sangs d'escargot et de poisson (*Squalius cephalus*), qui se trouvent aux extrémités de notre série, une différence de 68,4 %. Remarquons que les teneurs sont presque identiques pour nos deux espèces d'invertébrés. Le sang de vertébré qui offre une teneur immédiatement supérieure (sang de cobaye) est de 33,8 plus riche en soufre que le sang des invertébrés (teneur moyenne). Entre les valeurs extrêmes des sangs de vertébrés, l'écart s'élève à 51 %. Enfin, entre les valeurs extrêmes des sangs des mammifères, l'écart s'élève à 44 %. Les rapports fournis par la comparaison de ces chiffres moyens ne sont pas, sans doute, des valeurs fictives, car, chez une même espèce, on n'observe pas de variations considérables de la teneur du sang en soufre. Nous soulignerons encore la teneur particulièrement élevée, et bien constante, du sang de poisson, ainsi que la teneur remarquablement faible du sang des herbivores (cobaye et lapin) parmi les mammifères.

C. Le chlore dans le sang total.

Nos résultats réunis dans le tableau VII montrent que la teneur du sang en chlore ne varie guère dans la série animale. En ordonnant d'après la richesse croissante en

chlore les diverses espèces sur lesquelles ont porté nos recherches, nous obtenons le tableau ci-dessous :

Cl. dans 100 p. de sang frais :	Cobaye	0,227
»	» Coq.	0,251
»	» Lapin.	0,252
»	» Chat	0,266
»	» Grenouille	0,267
»	» Escargot	0,307
»	» Chien	0,309
»	» Ecrevisse	0 311
»	» Poisson	0 312

Par la quantité de chlore contenue dans leur sang, l'écrevisse et l'escargot n'occupent pas une place à part, et contrairement à ce que nous observions dans le cas du soufre, le sang de ces invertébrés est particulièrement riche en chlore. Entre les teneurs des sangs de cobaye et de poisson qui correspondent au minimum et au maximum de notre série, l'écart est de 27,25 % seulement, tandis que l'écart entre les valeurs extrêmes de notre série pour le soufre s'élevait, rappelons-le, à plus de 68 %. La constance est donc beaucoup plus grande pour la teneur du sang en chlore chez les diverses espèces animales. Dans une même espèce, il n'y a également que de faibles fluctuations de cette teneur. On n'observe pas de variations systématiques avec l'âge. Peut-être le régime herbivore tend-il à abaisser très légèrement cette teneur, mais cette influence est si peu marquée qu'elle reste très incertaine. Au contraire, nous avons vu qu'elle était très nette pour le soufre.

Il convient maintenant de confronter nos chiffres avec ceux obtenus par les auteurs. Un grand nombre de déterminations du chlore hématique ont déjà été faites par plusieurs auteurs, chez diverses espèces (voir tableau VIII, p. 42). Si on excepte un chiffre concernant la tortue, tous les autres chiffres se rapportent exclusivement à des mammifères. Ces chiffres se rapprochent presque tous des nôtres, et l'impression générale qui résulte très nettement de l'examen de toutes

ces déterminations du chlore hématique, c'est celle de la fixité relative de la teneur du sang en chlore dans une même espèce et d'une espèce à une autre. Ce fait n'a rien de surprenant car, comme on l'a reconnu, les chlorures sont, par excellence, les sels régulateurs de la tension osmotique du milieu intérieur, et on a précisément constaté que cette tension osmotique (déterminée, par exemple, par la méthode cryoscopique) présente des valeurs très voisines chez tous les vertébrés terrestres, ainsi que chez les animaux vivant dans l'eau douce. Le cas des animaux d'eau douce à respiration branchiale présente un intérêt tout spécial qu'il y a lieu de faire ressortir.

Chez ces animaux, le sang, au niveau de la branchie, ne se trouve séparé de l'eau douce que par une mince membrane. Néanmoins il n'y a pas d'exosmose notable des sels du sang, et la concentration moléculaire du milieu intérieur reste indépendante de celle du milieu extérieur. C'est là un fait constaté chez beaucoup de poissons, et chez certains invertébrés, comme l'écrevisse. FREDERICO¹ a trouvé, pour le point de congélation du sang (hémolymphe) d'écrevisse, la valeur $\Delta = 0^{\circ},80$; tandis que, pour les mammifères, on a, en moyenne, $\Delta = 0^{\circ},60$ ². Nos déterminations montrent également que la teneur en chlore du sang d'écrevisse est très élevée (0,316 %) et notablement supérieure à la teneur moyenne du sang des mammifères (0,262 %).

Relevons encore, en terminant, la grande richesse en chlore du sang de l'espèce unique de poisson sur laquelle nous avons opéré.

¹ L. FREDERICO, Note sur le sang de l'écrevisse. *Livre jubilaire dédié à VAN BAMBEKE*, 281 ; 1899.

² R. HÖBER, *Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe* (II Kp. Der osmotische Druck in den Organismen.), 27 ; 1906.

**Teneur de 100 parties de Sang frais en soufre
et en chlore**

Tableau VII

Espèce	Age du sujet	Sexe	Poids du sujet	S ‰	Cl ‰
			kilogr.	gr.	gr.
Chien	4 jours	♂	0,720	0,123	0,307
»	4 »	♂	0,320	0,122	0,299
»	15 »	♂	2,060	0,132	—
»	1 mois ¹ / ₂	♀	4,120	0,105	0,341
»	8 »	♂	12,000	0,142	0,305
»	5 ans ¹ / ₂	♀	13,600	0,135	0,297
»	7 »	♀	9,500	0,150	0,304
Chat	9 »	♂	3,010	0,148	0,260
Lapin α	2 mois	♂	0,730	0,092	0,258
» β	2 »	♀	0,800	0,084	0,254
» γ	1 an et 3 mois	♀	3,000	0,084	0,244
Cobaye	5 mois	♂	0,500	0,082	0,226
»	8 »	♀	0,600	0,085	0,228
Coq I.	3 »	♂	1,160	0,137	0,249
» II	3 »	♂	1,140	0,123	0,256
Poule IV	3 ans	♀	1,260	0,133	0,251
» III	4 »	♀	1,310	0,139	0,250
Epoque de la saignée					
Grenouille	Mois de février			0,101	0,264
»	» »			0,113	0,270
Poisson A	» »	♀	1,000	0,168	0,322
» B	» »	♀	0,850	0,178	0,315
» C	» »	♀	0,650	0,178	0,307
Ecrevisse	» décembre			0,057	0,331
»	» janvier			0,055	0,291
Escargot	» décembre			0,057	0,303
»	» janvier			0,054	0,312

Espèce	Cl % sang frais	Cl % sang sec	Observations	Auteurs
Homme	0,2620		Sang normal	C. Schmidt d'après Albu & Wanach Neuberg (loc. cit.) Biernaki
»	0,2588		»	
»	0,2804		»	
Homme	0,454		Sang normal	V. Jacksch } d'après W. Nagel Al. Schmidt } <i>Hand. d. Phys. des Menschen.</i> & Arronet } <i>Ergänzs. 82:1910</i>
»	0,259		»	
Chien	0,3230			
»	0,3181			Langlois & Richet (loc. cit.)
»	0,2970	0,3015		
»	0,2867			
»	0,2827			
Chien	0,250	1,160	Poids en kg.	
»	0,235	1,269	36,3 Le sang	Nencki - Simanowsky (loc. cit.)
»	0,275	1,310	24 était	
»	0,283	1,390	20,47 défibriné	
»	0,296	1,412	12,28 avant	
			18,42 l'analyse	
Cheval	0,2785			Bunge , <i>Physiolog. Chem.</i> , 230-231; 1898.
Bœuf	0,3079			
Porc	0,2691		défibriné	
Cheval	0,2780		»	
Bœuf	0,3053		»	
Bœuf	0,3079			E. Abderhalden , <i>Lehrbuch d. physiol. Chem.</i> , 592; 1906.
Taureau	0,3081			
Mouton 1	0,3080			
» 2	0,3091			
Chèvre	0,2923			
Cheval 1	0,2785	0,2888		
» 2	0,2384			
Porc	0,2690			
Lapin	0,2898			
Chien 1	0,2935			
» 2	0,2908			Rachid (loc. cit.) Bottazzi (cité par Rachid). Richet & Langlois (loc. cit.).
Chat	0,2815			
Lapin	0,3163			C. Schmidt Freund & Obermeyer Biernacki V. Moraczewski Dennstedt & Rumpf Erben D'après Albu & Neuberg (loc. cit.).
Chat	0,2815			
Tortue	0,2492			
Homme	0,3312 Max		Sang pa-	
»	0,1953 Min		thologique	
»	9,1746		»	
»	0,3090 Max		»	
»	0,2568 Min		» } anémie	
»	0,30 Max		»	
»	0,242 Min		» } anémie	
»	0,3842 Max		»	
»	0,1070 Min		»	
»	0,3364		»	
»	0,3577 Max		» aném. pern.	
»	0,3271 Min		» } chlorose	
»	0,3666 Max		»	
»	0,2860 Min		» } néphrite chronique	

CHAPITRE III

Le soufre dans l'organisme (le sang excepté).

A. Extraction et préparation des organes, tissus et sécrétions.

Nous décrirons seulement la façon dont nous procédions chez le chien ; car, chez les autres animaux, il n'y avait que des variantes insignifiantes.

Après prélèvement de la quantité de sang nécessaire, l'animal était saigné aussi complètement que possible, par section générale des vaisseaux du cou. Quand toute l'hémorragie avait cessé et que le sujet pouvait être considéré comme saigné à blanc, on passait à l'extraction des organes, tissus et sécrétions.

Après avoir fait sauter la calotte crânienne, on débarrassait le champ opératoire de tous les fragments d'os, puis on incisait, de chaque côté, la dure-mère, parallèlement à la scissure interhémisphérique. On détachait la faux du cerveau, réclinait les lambeaux latéraux et enlevait l'encéphale en le soulevant et en sectionnant les nerfs de la base, ainsi que la moelle, transversalement, au niveau de la pointe du calamus scriptorius.

Les hémisphères étaient séparés du segment cervelet-isthme au moyen d'une section transversale passant par les pédoncules cérébraux. Le cerveau était soigneusement dépouillé des gros vaisseaux. On ouvrait ensuite avec des pinces le canal rachidien en évitant soigneusement la péné-

tration de la moindre esquille dans le tissu nerveux. Les nerfs étaient coupés à leur sortie de la dure-mère et la moelle était retirée encore recouverte de ses enveloppes. On la dépouillait de ces dernières, la pie-mère comprise, après l'avoir placée dans un plateau.

Après l'extraction du névraxe, l'animal était retourné et couché sur le dos pour qu'on pût retirer aisément les organes abdominaux. Le foie était enlevé, débarrassé soigneusement de ses membranes, et autant que possible, des gros vaisseaux. On coupait le canal cystique entre deux ligatures, et incisait la vésicule biliaire. La bile était recueillie dans des creusets tarés, et on obtenait par différence le poids de chaque échantillon.

Les autres organes et tissus étaient également dépouillés le plus complètement possible. L'urine était, à l'occasion, recueillie de la même manière que la bile.

Immédiatement après leur extraction, les organes étaient placés dans des capsules tarées, et pesés dès qu'ils s'étaient mis en équilibre de température avec l'atmosphère ambiante. Avant la pesée, toutes les précautions étaient prises pour éviter autant que possible les pertes d'eau par évaporation (voir ce qui a été dit sur ce point à propos du sang). Dès que les organes frais avaient été pesés, ils étaient rapidement divisés en menus fragments et même hachés, et on prélevait quelques échantillons destinés au dosage du soufre, échantillons dont on déterminait aussitôt le poids.

Chez les sujets que nous avons opérés nous-même (à l'exception du premier), le dosage du soufre a toujours été fait dans des échantillons frais. — cela afin d'éviter l'introduction possible, dans ces échantillons, de produits sulfurés provenant du gaz utilisé par le chauffage de l'étuve à dessiccation. Mais nous considérons maintenant que cette précaution était sans doute superflue. Nous avons, en effet, pratiqué comparativement le dosage du soufre sur des échantillons d'un même tissu, les uns frais, les autres desséchés à poids constant à l'étuve, et, en tenant compte de la différence due à la présente ou à l'absence d'eau, nous avons trouvé des

teneurs sensiblement identiques. A plusieurs reprises nous avons fait de ces dosages comparatifs, et, en considérant dans leur ensemble les résultats obtenus, nous avons l'impression que la dessiccation à l'étuve chauffée au gaz n'amène pas l'enrichissement en soufre des produits physiologiques. Nous avons ainsi été amené à faire porter aussi nos dosages sur des produits déjà desséchés qui provenaient du travail de H. MAURICE ¹.

B. Le soufre dans le système nerveux.

SCHULZ ² a trouvé pour le cerveau de l'homme (sujet normal de 39 ans) 0,1386 S % dans la substance fraîche et 0,5706 S % dans la substance sèche.

D'après DENNSTEDT et RUMPF ³, la teneur en soufre du cerveau de l'homme est comprise entre 0 gr. 163 et 0 gr. 082 p. 100 parties de substance fraîche.

KOCH ⁴ a déterminé cette même teneur en considérant à part la substance grise et la substance blanche. Cet auteur ne s'est pas borné à doser le soufre total, il a aussi étudié les diverses formes chimiques sous lesquelles se présente le soufre dans la substance nerveuse. Les résultats qu'il a obtenus, dans cette étude analytique, encore actuellement unique, sont si intéressants qu'il nous semble bon de reproduire, sous une forme condensée, le tableau qui les résume.

¹ Rappelons que le travail en question, déjà cité dans l'introduction, a porté sur le dosage du phosphore. Les organes furent recueillis par H. MAURICE dans des conditions identiques à celles que nous avons adoptées. Ce matériel, soigneusement étiqueté, avait été conservé dans des flacons bouchés à l'émeri.

² H. SCHULZ, Ueber den Schwefelgehalt menschlicher und thierischer Gewebe. *Pflüger's Arch.*, LIV, 561 ; 1893.

³ D'après ALBU et NEUBERG, (*loc. cit.*, 17).

⁴ W. KOCH, Zur Kenntniss der Schwefelverbindungen des Nervensystems. *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, LIII, 503 ; 1907.

	Subst. grise corticale		Subst. blanche du corps calleux	
	En p. 100 de la subst. sèche	En p. 100 du soufre total	En p. 100 de la subst. sèche	En p. 100 du soufre total
Soufre lipoīde	gr. 0,033	gr. 7,2	gr. 0,180	gr. 35,9
» neutre	» 0,050	» 10,9	» 0,025	» 5,0
» sulfurique	» 0,027	» 5,9	» 0,017	» 3,5
» protéique	» 0,350	» 76,0	» 0,279	» 55,8
	gr. 0,460		gr. 0,501	
Soufre total (détermination de contrôle)	gr. 0,430		gr. 0,420	

Ce sont là les seules déterminations de la teneur en soufre du système nerveux central faites par nos prédécesseurs.

Un travail récent d'ALCOCK et LYNCK¹, nous apporte quelques chiffres sur la teneur en soufre des nerfs (système nerveux périphérique). Ces auteurs ont opéré sur des nerfs de cheval.

Soufre dans 100 p. de substance fraîche

Nerf médian	0,112 ; 0,114 ; 0,132	Moyenne =	0,119
Nerf splénique	0,102 ; 0,127 ; 0,101	»	0,110

Nos recherches ont porté sur le névraxe du chien, du chat, du lapin, du cobaye et du coq. Chez le chien et le chat, le névraxe était divisé comme il a été dit au § A en trois segments : 1^o hémisphères cérébraux (cerveau proprement dit) ; 2^o cervelet-isthme ; 3^o moelle épinière. Chez les autres animaux, on partageait simplement le névraxe au niveau de la pointe du calamus scriptorius ; on avait donc seulement deux segments : l'encéphale et la moelle.

¹ N.-H. ALCOCK et G.-R. LYNCK, On the relation between the physical, chemical, and electrical properties of the nerves (III). *Journ. of Physiol.*, XXXIX, 409 ; 1910.

En divisant la série des chiens (voir tableau IX, p. 55) en deux groupes : celui des chiens de moins d'un an et celui des chiens de plus d'un an, nous obtenons les moyennes ¹ suivantes pour la teneur % en soufre :

	Hémisph. cérébraux		Cervelet-isthme		Moelle épinière	
	Subst. fraîche	Subst. sèche	Subst. fraîche	Subst. sèche	Subst. fraîche	Subst. sèche
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Chiens jeunes	0,125	0,777	0,134	0,647	0,112	0,419
» adultes	0,146	0,660	0,153	0,634	0,112	0,352

Ainsi la teneur en soufre pour les trois segments augmente, pendant la croissance, dans la substance fraîche et diminue dans la substance sèche. Ces variations semblent essentiellement dues aux modifications de la teneur en eau, et de la teneur en graisses et lipoides qui se produisent au cours de la vie. Nous renvoyons le lecteur, pour l'étude de ces modifications avec l'âge, à la thèse de H. Maurice, déjà citée (p. 9).

Cette constatation de l'influence exercée par l'âge sur la teneur en soufre du système nerveux central, nous montre que, pour la comparaison entre les espèces, il convient de ne considérer que des sujets adultes. En procédant de la sorte, nous obtenons les valeurs moyennes suivantes pour chaque espèce (les chiffres du chat, du cobaye et du lapin se rapportent à un seul sujet).

¹ Ces moyennes ne correspondent pas, pour chacun des organes, au même nombre de sujets. Remarquons, de plus, que, dans le cas de la moelle, les valeurs individuelles présentent des variations assez considérables.

	Hémisphères cérébraux		Cervelet-isthme		Moelle épinière	
	Subst. fraîche	Subst. sèche	Subst. fraîche	Subst. sèche	Subst. fr.	Subst. sèche
Chien	0,146	0,660	0,153	0,634	0,112	0,352
Chat	0,145	0,654	0,158	0,652	0,136	0,395

	Encéphale		Moelle épinière	
	Subst. fraîche	Subst. sèche	Subst. fraîche	Subst. sèche
Lapin	0,260	1,198	0,201	0,568
Cobaye	0,172	0,790	0,103	0,333
Coq	0,157	0,745	0,160	0,448

Nous avons aussi déterminé la teneur en soufre des nerfs ¹ chez le chien :

	S % : Subst. fraîche Subst. sèche	
Chien de moins d'un an	0,131	0,374
Chien de plus d'un an	0,135	0,312

Le système nerveux périphérique, comme le système nerveux central, semble donc présenter le phénomène de l'augmentation de la teneur en soufre de la substance fraîche et de la diminution de la teneur en soufre de la substance sèche, au cours de la vie.

C. Le soufre dans le foie, la rate et les reins.

Les teneurs p. 100 en soufre du foie et de la rate, chez le sujet de SCHULZ ², étaient, respectivement, de 0,2435 et 0,1598 pour la substance fraîche, et de 0,9608 et 0,7799 pour la substance sèche.

DENNSTEDT et RUMPF ³ ont trouvé les valeurs extrêmes suivantes pour la teneur en soufre du foie, de la rate et des reins chez l'homme :

	Organes	Max.	Min.
Soufre dans 100 p. de subst. fraîche	Foie	0,2058	0,0905
	Rate	0,2195	0,1243
	Reins	0,1629	0,1097

¹ Nerfs sciatiques, brachiaux et de la queue de cheval mélangés.

² H. SCHULZ (*loc. cit.*).

³ D'après ALBU et NEUBERG (*loc. cit.*).

Nous avons encore à signaler un travail de KRÜGER¹ qui est, en grande partie, consacré à l'étude des modifications de la teneur en soufre des organes pendant la période foetale. Nous relevons seulement quelques chiffres qui peuvent avoir de l'intérêt ici. Ces chiffres se rapportent aux cellules, soit hépatiques, soit spléniques, isolées par un procédé spécial de dissociation.

Soufre dans 100 p. de cellules hépatiques fraîches

	Max.	Min.	Moyenne
Veau.	0,198	0,154	0,177
Bœuf.	0,185	0,161	0,175
Vache	0,179	0,167	0,173
Homme.	0,268	0,214	0,241

Soufre dans 100 p. de cellules spléniques fraîches

	Max.	Min.	Moyenne
Veau	0,182	0,157	0,172
Bœuf	0,204	0,166	0,183
Vache	0,206	0,182	0,198

Nous n'avons pas rencontré dans la littérature de chiffres de la teneur des reins en soufre.

Nous avons étudié la teneur en soufre du foie chez le chien, le chat, le lapin, le cobaye, le coq, la grenouille, le chevaïne (poisson) et l'escargot ; celle de la rate chez le chien, le chat, le lapin, le cobaye ; et celle des reins chez le chien, le chat, le lapin, le cobaye et le coq.

a) Le soufre dans le foie.

L'examen du tableau X permet de constater qu'il y a des écarts individuels notables dans la teneur du foie en soufre, même chez des sujets ne présentant pas de grandes

¹ F. KRÜGER, Ueber den Schwefel und Phosphorgehalt der Leber-und Milzzellen in verschiedenen Lebensaltern. *Zeitschr. f. Biol.*, XXXI (N. F., XIII), 409 ; 1895.

différences d'âge. En faisant les moyennes pour la série des chiens divisés comme précédemment (voir p. 47), nous avons les valeurs suivantes :

		Chiens jeunes	Chiens adultes.
S. dans 100 parties de foie	frais .	0,242	0,266
	sec. .	0,883	0,957

Il y a donc une légère augmentation de la teneur en soufre avec l'âge, aussi bien pour la substance fraîche que pour la substance sèche.

Nous donnons maintenant l'ordre dans lequel se rangent les espèces suivant la teneur croissante en soufre du foie :

Espèce	S % Foie frais	Espèce	S % Foie sec.
Escargot	0,151	Escargot	0,574
Cobaye	0,187	Chat	0,723
Lapin	0,197	Cobaye	0,763
Poisson	0,227	Poisson	0,789
Grenouille	0,246	Lapin	0,821
Chat	0,249	Chien	0,920
Chien	0,254	Coq	0,970
Coq	0,269	Grenouille	1,010

Faisons remarquer que la teneur du foie (hépatopancréas) d'escargot, est inférieure à toutes les teneurs moyennes et même à toutes les teneurs individuelles de foie de vertébrés.

b) Le soufre dans la rate.

Aucun autre organe mieux que la rate ne présente des variations systématiques dans la teneur en soufre avec l'âge. En effet, que nous nous adressions, chez le chien, à l'organe frais ou desséché, nous constaterons une augmentation progressive de la teneur en soufre total avec l'âge. Si nous prenons la rate d'un chien de 4 jours et celle d'un sujet de 8 ans, la différence dans la teneur est de 23 % dans

l'organe sec et de 36 % dans l'organe frais. Voici les valeurs moyennes pour nos deux groupes de chiens :

		Chiens jeunes	Chiens adultes
S. dans 100 p. de rate	fraîche	0,195	0,247
	sèche	0,920	1,093

Le fait que cette augmentation intéresse à la fois l'organe frais et l'organe sec est dû aux faibles variations du coefficient d'hydratation. Notons que la teneur en phosphore présente des variations exactement inverses ¹.

Le tableau ci-dessous renferme les données relatives aux variations de cette teneur suivant l'espèce :

Espèce	S % Rate fraîche	S % Rate sèche
Cobaye	0,173	0,766
Lapin	0,230	0,935
Chat	0,235	0,983
Chien	0,247	1,093

c) Le soufre dans les reins.

Le nombre restreint d'analyses de reins que nous avons faites (en tout, 10 analyses chez 5 espèces différentes) ne permet guère de tirer des conclusions bien fermes. Bornons-nous à faire remarquer que, chez les chiens et coqs d'âges différents, la teneur en soufre des reins desséchés diminue quand l'âge augmente. Pour les reins frais, la variation avec l'âge n'est pas constante d'une espèce à une autre. Chez le chien, nos trois chiffres indiquent une variation inverse de celle notée pour la substance sèche.

D. Le soufre dans les muscles squelettiques et dans le muscle cardiaque.

On trouve dans la littérature de nombreux documents sur la teneur des muscles squelettiques en soufre. Nous avons

¹ H. MAURICE (*loc. cit.*, 177)

réuni les plus importants dans le tableau XII (analyses de BUNGE ¹, SCHULZ ² et KATZ ³).

Pour le cœur, nous n'avons qu'une détermination à mentionner : 0,159 % dans la substance fraîche, correspondant à 0,7916 % dans la substance sèche, d'après SCHULZ.

Si l'on jette un coup d'œil sur le tableau XI, qui contient nos déterminations personnelles, un fait frappe immédiatement, en comparant les deux genres de muscles analysés : le cœur présente constamment une teneur en soufre inférieure à celle des muscles du squelette, qu'il s'agisse de la substance fraîche ou de la substance sèche.

Une autre différence très remarquable est celle qui existe entre les muscles striés *blancs* et *rouges*, nettement distincts chez certaines espèces animales : lapin, coq. La teneur des muscles blancs est constamment inférieure à celle des muscles rouges, qu'il s'agisse de la substance fraîche ou de la substance sèche.

Quant aux différences entre espèces, elles apparaissent dans le tableau suivant :

Espèce	S % Muscles squelettiques frais	Espèce	S % Muscles squelettiques secs.
Grenouille	0,163	Cobaye	0,823
Cobaye	0,194	Chat	0,358
Chat	0,214	Grenouille	0,916
Coq (B)	0,248	Coq (B)	0,972
Chien	0,253	Chien	1,079
Poisson	0,260	Lapin	1,223
Lapin	0,273	Poisson	1,277
Ecrevisse	0,288	Ecrevisses	1,321
Coq (R)	0,338	Coq (R)	1,378

N.-B. — B signifie muscles *blancs* ; R, muscles *rouges*.

¹ G. BUNGE, Analyse der anorganischen Bestandtheile des Muskels. *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, IX, 60 ; 1885.

² H. SCHULZ, *loc. cit.*, LIV, 561 ; 1893 ; et *ibid.*, LVI, 203 ; 1894.

³ J. KATZ, Die mineralischen Bestandtheile des Muskelfleisches. *Pflüger's Arch.*, LXIII, 1 ; 1896.

Nos chiffres pour le soufre dans le cœur sont du même ordre de grandeur que celui, déjà cité, obtenu par SCHULZ chez l'homme.

E. Teneur en soufre de la bile et de l'urine.

Nous n'avons pas à citer de déterminations antérieures aux nôtres pour la teneur en soufre de la bile fraîche¹. Par contre, la littérature est très riche en déterminations du soufre total dans l'urine. Les travaux sur ce point sont si nombreux que nous renonçons à en parler². D'ailleurs nous ne nous sommes pas proposé d'étudier spécialement la teneur en soufre de l'urine (ni celle de la bile) chez nos animaux. Ce n'est qu'incidemment que nous avons fait les quelques analyses que nous rapportons ici sans commentaire.

Espèce	S dans 100 p. à l'état frais	
	BILE	URINE
Chien BB ₁	0,038	0,043
» CC	0,051	—
Chat	0,075	0,077
Coq I	0,016	—
Poule III	0,032	—
» IV	0,025	—
Cobaye	—	0,016
Escargot.	0,019	—

¹ Pour la teneur en soufre de la bile sèche, cf. SCHULZ (*loc. cit.*, 564 ; 1893) ; et ALBU et NEUBERG (*loc. cit.*, 37). D'après ces derniers auteurs, la teneur en soufre de la bile sèche varie entre 0,02 et 2,99 %.

² Une étude d'ensemble de l'état de la question a été publiée en 1906 par ALBU et NEUBERG dans leur ouvrage déjà cité (VIII Kap., Der Schwefelstoffwechsel). Il existe un grand nombre de travaux postérieurs sur ce sujet.

Espèce	Age du sujet	Sexe	Poids du sujet	HÉMISPHERES CÉRÉBRAUX				
				Poids de l'organe		H ₂ O p. 100	S %	
				frais	sec		Organe frais	Organe sec
			Kg.	Gr.	Gr.			
Chien BB	4 jours (2 sujets)	♂	1,540/2	12,80/2	2,3810/2	89,2	0,097	0,906
» BB ₁	15 »	♂	2,060	26,35	2,9144	88,9	0,104	0,936
» H	5 semaines	♀	10,000	62,23	11,40	81,6	0,134	0,730*
» K ₅	6 »	♂	5,000	44,81	6,69	85,1	0,112	0,756*
» BB ₂	1 mois 1/2	♀	4,120	43,10	7,15	83,4	0,127	0,765
» I ₂	2 » 1/2	♂	6,500	62,02	10,75	82,7	0,131	0,763*
» Q	4 »	♂	24,000	90,25	17,09	81,1	0,135	0,716*
» G	6 »	♀	6,000	47,76	8,95	81,3	0,134	0,722*
» A	9 »	♂	13,000	64,35	12,96	78,3	0,151	0,700*
» J	9 » 1/2	♀	7,000					
» E	10 »	♂	13,500					
» L	1 an et 1 mois	♀	14,000	73,25	15,49	78,8	0,162	0,765*
» B	2 ans	♂	16,000					
» S	3 »	1/2	35,000	90,18	21,21	76,5	0,131	0,558*
» CC	5 » 1/2	♀	13,600	62,31	13,49	78,4	0,149	0,689
» AA	7 »	♀	9,500	57,60	13,19	77,1	0,139	0,610
» P	8 »	♂	32,000	80,30	17,75	77,9	0,150	0,680*
Chat	9 »	♂	3,010	20,60	4,56	77,8	0,145	0,654
ENCÉPHALE								
Lapin α & β	2 mois (2 sujets)	♂ ♀	1,530/2	17,10/2	3,4627/2	80,5	0,180	0,923
» γ	1 an et 3 mois	♀	3,000	10,25	2,2263	78,3	0,260	1,198
Cobaye	1 an (2 sujets)	♂ ♀	1,490/2	7,70/2	1,6747/2	78,2	0,172	0,790*
Coq I et II	3 mois	♂	2,300/2	6,50/2	1,2914/2	80,1	0,159	0,800*
Poule IV	3 ans	♀	1,260	3,25	0,7100	78,8	0,161	0,760*
» III	1 »	♀	1,310	3,20	0,6758	78,9	0,154	0,731*

* L'analyse a porté sur le tissu desséché.

Tableau IX

CERVELET & ISTHME					MOELLE ÉPINIÈRE					NERFS		
Poids de l'organe		H ₂ O	S %		Poids de l'organe		H ₂ O	S %		H ₂ O	S %	
frais	sec	p. 100	Org. frais	Org. sec	frais	sec	p. 100	Org. frais	Organe sec	100 p.	Org. frais	Organe sec
Gr.	Gr.				Gr.	Gr.						
5,39 ₃	0,7470 ₃	86,1	0,088	0,637	3,21 ₃	0,5410 ₃	83,1	0,051	0,323			
11,21	2,3380	80,0	0,132	0,664*								
7,10	1,3800	80,5	0,130	0,669	3,65	0,8610	76,4	0,090	0,387			
9,96	1,9794	80,1	0,132	0,668*						72,3	0,100	0,363*
15,34	3,3132	78,4	0,133	0,620*	18,86	5,6088	70,3	0,134	0,452*	67,0	0,122	0,370*
9,42	2,0600	78,1	0,139	0,636*								
										55,5	0,173	0,391*
11,59	2,5980	77,6	0,140	0,625*						61,5	0,119	0,310*
14,71	3,3628	77,1	0,143	0,625*	18,20	5,3666	70,5	0,064	0,220*	43,9	0,225	0,402*
17,48	4,4776	74,4	0,161	0,631*	27,27	8,7732	67,8	0,116	0,361*	61,1	0,114	0,295*
13,40	3,2775	75,5	0,158	0,644	13,90	4,5990	66,9	0,157	0,474	60,0	0,109	0,273*
11,25	2,7000	76,0	0,153	0,638*	12,45	3,8500	69,1	0,114	0,375*			
15,08	3,6684	75,7	0,153	0,631*	23,29	7,1918	67,8	0,106	0,330*	50,7	0,110	0,280*
6,35	1,5360	75,8	0,158	0,652	8,19	2,8270	65,5	0,136	0,395			
					4,40 ₂	1,3591 ₂	69,1	0,132	0,427			
					5,27	1,8665	64,6	0,201	0,568			
					2,40 ₂	0,7428 ₂	69,0	0,103	0,333*			
					2,82 ₂	0,8430 ₂	70,1	0,165	0,552*			
					1,60	0,5658	64,6	0,158	0,448*			
					1,85	0,6368	65,7	0,153	0,448*			

Espèce	Age du sujet	Sexe	Poids du sujet	FOIE				
				Poids de l'organe		H ₂ O p. 100	S ° o	
				frais	sec		Organe frais	Organe sec
			Kg.	Gr.	Gr.			
Chien BB	4 jours (2 sujets)	♂	1,540 ₂	72,35 ₂	16,32 ₂	77,4	0,217	0,96 *
» BB ₁	15 »	♂	2,060	77,45	18,08	76,6	0,205	0,876
» H	5 semaines	♀	10,000	252,00	69,048	72,6	0,221	0,806 *
» K ₅	6 »	♂	5,000	165,00	44,880	72,8	0,217	0,800 *
» BB ₂	1 mois 1/2	♀	4,120	119,00	31,332	73,7	0,226	0,859
» I ₂	2 »	♀	6,500	248,00	65,937	73,4	0,220	0,825 *
» Q	4 »	♂	24,000	649,00	175,775	72,9	0,206	0,76 *
» G	6 »	♀	6,000	138,00	41,814	69,7	0,276	0,91 *
» A	9 »	♀	13,000	294,00	86,142	70,7	0,396	1,35 *
» L	1 an et 1 mois	♀	14,000	370,00	112,846	69,5	0,277	0,91 *
» S	3 ans	♂	35,000	579,00	171,624	70,3	0,282	0,95 *
» CC	5 ans 1/2	♀	13,600	292,50	85,205	70,9	0,253	0,871
» AA	7 ans	♀	9,500	153,24	47,28	69,1	0,335	1,085
» P	8 »	♂	32,000	459,00	197,577	70,9	0,282	0,97 *
Chat	9 »	♂	3,010	55,97	19,307	65,6	0,249	0,723
Lapin α	2 mois	♂	0,730	24,45	5,542	77,3	0,190	0,837
» β	2 »	♀	0,800	23,20	5,574	75,9	0,192	0,796
» γ	1 an et 3 mois	♀	3,000	75,35	19,153	74,7	0,210	0,830
Cobaye	1 an (2 sujets)	♂♀	0,600 ₂	61,35 ₂	15,012 ₂	75,5	0,187	0,763
Coq I	3 mois	♂	1,160	25,70	6,682	74,0	0,204	0,787
» II	3 »	♂	1,140	22,81	6,252	72,6	0,275	1,003
Poule IV	3 ans	♀	1,260	18,13	5,353	70,5	0,308	1,044
» III	4 »	♀	1,310	31,10	8,670	72,1	0,292	1,046
Grenouille	—					75,6	0,236	0,967
»	—					75,6	0,257	1,053
Poisson A	—	♀	1,000	17,25	4,616	73,2	0,218	0,814
» B	—	♀	0,850	17,25	5,150	70,1	0,223	0,746
» C	—	♀	0,650	11,10	3,293	70,3	0,240	0,808
Escargot	—					73,7	0,151	0,574

* L'analyse a porté sur le tissu desséché.

RATE					REINS				
Poids de l'organe		H ₂ O p. 100	S %		Poids de l'organe		H ₂ O p. 100	S %	
frais	sec		Organe frais	Organe sec	frais	sec		Organe frais	Organe sec
Gr.	Gr.				Gr.	Gr.			
6,05 ₂	1,263 ₂	79,1	0,182	0,820 *					
9,050	1,821	79,9	0,167	0,830	17,90	2,803	84,3	0,149	0,949
13,41	2,880	78,5	0,195	0,906 *					
9,81	1,994	79,7	0,173	0,851 *					
11,05	2,340	78,8	0,201	0,949 *	22,25	4,311	80,6	0,170	0,876
8,90	1,853	79,2	0,197	0,950 *					
50,72	10,620	79,0	0,195	0,930 *					
12,39	2,798	77,4	0,226	1,002 *					
33,00	7,120	78,4	0,225	1,044 *					
25,43	5,688	77,6	0,243	1,084 *					
77,52	17,070	77,9	0,245	1,106 *					
23,65	5,255	77,8	0,257	1,156	45,86	11,172	75,6	0,196	0,803
11,90	2,750	76,9	0,244	1,060 *					
71,27	16,510	76,8	0,245	1,062 *					
3,30	0,787	76,1	0,235	0,983 *	15,95	4,102	74,3	0,180	0,700
0,70 ₂	0,162 ₂	76,8	0,161	0,790 *	11,30 ₂	2,279 ₂	79,8	0,183	0,905
1,34	0,330	75,3	0,230	0,935 *	15,57	3,412	78,1	0,209	0,954
2,75 ₂	0,629 ₂	77,4	0,173	0,766 *	10,60 ₂	2,448 ₂	76,9	0,208	0,900
					7,90	1,661	79,0	0,201	0,957
									0,404
					6,30	1,378	78,2	0,088	
					6,74	1,552	77,1	0,078	0,343

Tableau XI

Espèce	Age du sujet	Sexe	Poids du sujet	MUSCLES			CŒUR		
				H ₂ O p. 100	S %		H ₂ O p. 100	S %	
					Tissu frais	Tissu sec		Tissu frais	Tissu sec
			Kg.						
Chien BB ₁	15 jours	♂	2,060	82,9	0,240	1,403	81,2	0,189	1,006
» BB ₂	1 mois 1/2	♀	4,120	71,3	0,265	0,902	79,2	0,150	0,721
» CC	5 ans 1/2	♀	13,600	72,6	0,255	0,932	73,9	0,227	0,869
Chat	9 »	♂	3,000	75,0	0,214	0,858	74,1	0,194	0,748
Lapin α	2 mois	♂	0,730	79,1	0,210	1,004			
» β	2 »	♀	0,800	80,0	0,221	1,105			
» γ	1 an et 3 mois	♀	3,000	76,3 (R)	0,358	1,527			
				76,0 (B)	0,302	1,258			
Cobaye	1 an (2 sujets)	♂ ♀	1,490 1/2	76,4	0,194	0,823			
Coq I	3 mois	♂	2,300 1/2	75,1	0,266	1,068	77,9	0,242	1,095
» II	3 »	♂		76,0 (R)	0,274	1,144			
				75,1 (B)	0,224	0,898			
Poule IV	3 ans	♀	1,260	75,0 (R)	0,395	1,580	76,1	0,205	0,858
				75,6 (B)	0,279	1,143			
» III	4 »		1,310	76,5 (R)	0,345	1,412	77,4	0,191	0,847
				73,3 (B)	0,234	0,876			
Grenouille	—	♀		82,1	0,163	0,916			
Poisson A	—	♀	1,000	79,9	0,219	1,092			
» B	—	♀	0,850	79,8	0,275	1,300			
» C	—	♀	0,650	80,0	0,288	1,440			
Ecrevisse	—			78,2	0,288	1,321			

Tableau XII

Espèce	S dans 100 p. de muscles		Auteurs
	frais	secs	
Bœuf	0,2211		Bunge (loc. cit.); 1885. Schulz (loc. cit.); 1894.
Homme	0,1760	0,8535	
Vache		0,8642	
Oie		0,9212	
Daim		0,9272	
Veau		0,9694	
Chat		1,0112	
Porc		1,0477	
Brochet		1,0820	
Homard		1,0915	
Renard		1,1125	
Hareng		1,2489	
Mouette		1,2816	
Perche		1,3367	
Homme	0,2075	0,7576	Katz (loc. cit.); 1896.
Porc	0,2043	0,7536	
Bœuf	0,1867	0,7719	
Veau	0,2258	0,9178	
Cerf	0,2106	0,8517	
Lapin	0,1991	0,8500	
Chien	0,2273	0,9643	
Chat	0,2188	0,8748	
Poule	0,2920	0,9234	
Grenouille	0,1633	0,8835	
Anguille	0,1349	0,3657	
Brochet	0,2183	1,0576	

CHAPITRE IV

Le chlore dans l'organisme (le sang excepté).

A. Le chlore dans le système nerveux.

Une étude assez étendue de la teneur en chlore du cerveau a été publiée en 1900 par LANGLOIS et RICHET dans un travail que nous avons déjà eu l'occasion de citer au chapitre premier. Ces auteurs trouvent que, chez divers animaux non tués par hémorragie, la proportion de chlore dans le tissu cérébral atteint presque 2 p. mille. Passant en revue les travaux de leurs prédécesseurs, ils s'expriment ainsi :

« GEOGHEGAN ¹ donne pour 1,000 grammes 0,43 à 1,32 ;
« en moyenne, 0,85, chiffre manifestement erroné.

« NENCKI et SIMANOWSKY ², après avoir constaté qu'il
« n'y a pas dans les ouvrages classiques de dosage exact des
« proportions de chlore contenu dans les divers tissus, cher-
« chent à faire cette mesure et ils donnent pour le cerveau
« normal de cinq chiens, les chiffres suivants (pour 1,000 gr.
« de tissu).

0,930 ;	0,750 ;	1,220 ;	1,01 ;	1,11 ;
Moyenne.				1 gr.

« Quoiqu'ils ne disent pas de quelle manière les chiens

¹ E.-G. GEOGHEGAN, Ueber die anorganischen Gehirnsalze, nebst einer Bestimmung des Nucleins im Gehirn. *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, I, 330 ; 1878.

² M. NENCKI et S. SIMANOWSKY (*loc. cit.*). Les chiffres que publient et qu'adoptent ces auteurs n'ont pas été obtenus par eux-mêmes, mais par le Dr BERESKIN. C'est une remarque qu'il est, croyons-nous, utile de formuler.

ont été sacrifiés, il est probable que c'est par hémorragie ; mais, même en admettant qu'il s'agit de mort par hémorragie, les chiffres nous paraissent beaucoup trop faibles. Peut-être y a-t-il eu, par une calcination trop active, volatilisation de quelques chlorures. Peut-être, le mélange, pratiqué par eux, de carbonate de chaux au tissu desséché n'était-il pas absolument homogène. Quoi qu'il en soit, les poids donnés par Nencki et Simanowsky ne sont pas comparables à ceux que nous avons obtenus..... »

LANGLOIS et RICHET ont nettement établi que, chez les chiens tués par hémorragie, la proportion du chlore, contenu dans le cerveau notamment, est bien inférieure à celle qui existe chez les chiens tués autrement. En se reportant au tableau XIII, le lecteur pourra se convaincre que nos chiffres, obtenus chez des sujets saignés à blanc, ne sont pas inférieurs à ceux obtenus par LANGLOIS et RICHET.

L'influence de l'âge sur la teneur du cerveau en chlore est bien manifeste dans l'organe sec :

Cl dans 100 p. de cerveau sec, (valeurs moyennes)

chez les chiens	jeunes	1,126
	adultes	0,814

Il y a parallélisme avec le soufre pour cette variation (voir page 47).

Dans l'organe frais, la teneur ne semble guère modifiée par l'âge.

La variation de la teneur avec l'espèce est résumée dans le tableau suivant :

	Cl % Cerveau frais		Cl % Cerveau sec
Coq	0.041	Coq	0.258
Cobaye	0.075	Cobaye	0.349
Lapin	0.078	Lapin	0.410
Chien	0.177	Chat	0.870
Chat	0.193	Chien	1.015

Pour la teneur de la moelle épinière en chlore, nos déterminations ne permettent pas de constater de variation

systématique avec l'âge. Les moyennes générales sont les suivantes :

	Cl % Moelle fraîche		Cl % Moelle sèche
Chien	0.039	Chien	0.131
Cobaye	0.055	Chat	0.166
Chat	0.057	Cobaye	0.178
Lapin	0.069	Lapin	0.210
Coq	0.070	Coq	0.214

Chez le chien, nos chiffres diffèrent peu de ceux obtenus par BERESKIN.

Il n'existait aucune détermination du chlore dans les nerfs quand nous avons commencé à nous occuper de la question. Entre temps, a paru un travail d'ALCOCK et LYNCK¹ sur ce sujet.

Nous rapportons ci-dessous les chiffres qu'ils ont obtenus, en opérant sur un mélange de nerfs provenant de différentes espèces animales.

	Chlore dans 100 p. de substance fraîche.	Moyenne
Nerf médian :	0.237 ; 0.286 ; 0.248 ; 0.259	0,257
Nerf splénique :	0.256 ; 0.241 ; 0.286 ; 0.286	0,267

Nous avons trouvé chez le chien :

	Cl % Nerfs frais	Cl % Nerfs secs
Chiens de moins d'un an	0.212	0.711
» de plus d'un an	0.210	0.505

B. Le chlore dans le foie, la rate et les reins.

Nous empruntons à l'article « Foie » du dictionnaire de physiologie de RICHET², l'exposé des recherches antérieures sur le chlore dans le foie.

¹ N.-H. ALCOCK et R. LYNCK, On the relation between the physical, chemical and electrical properties of the nerves (IV). *Journ. of Physiology*, XLII, 109 ; 1911.

² Cet article, écrit par CH. RICHET, a paru dans le t. VI, publié en 1904.

« NENKI et SIMANOWSKY avaient dosé le chlore du foie, et trouvé une proportion de chlore extrêmement faible, soit 0.25 p. 1000 en moyenne. Mais, dans des expériences faites avec P. LANGLOIS, j'ai trouvé des quantités de chlore bien plus fortes (il est vrai que le foie n'avait pas été lavé). La quantité a été en moyenne de 1.982. Chez les chiens morts d'hémorragie, la quantité de chlore a été plus faible ; c'est-à-dire de 1,331 en moyenne, avec un maximum de 1,538 et un minimum de 1,146. Dans un foie lavé, et traversé par un courant d'eau sucrée, la proportion de chlore n'était plus que de 0,388, ce qui peut faire supposer qu'une partie de chlore trouvé dans le foie des chiens normaux non exsangues était due au sang contenu dans le foie. Il nous paraît donc assez vraisemblable que c'est le non-lavage du foie, dans nos expériences, qui explique la grande différence (de 1,98 à 0,25) entre les chiffres de NENCKI et les nôtres. »

Pour les autres chiffres des auteurs, concernant la teneur en chlore du foie, de la rate et des reins, nous renvoyons le lecteur au tableau XIV.

Nous tenons à faire remarquer, dès maintenant, que nos résultats pour le foie et pour les reins sont très voisins de ceux de LANGLOIS et RICHET, c'est-à-dire beaucoup plus forts que ceux de BERESKIN-NENCKI-SIMANOWSKY. Pour la rate, nos chiffres sont également plus forts que ceux de BERESKIN.

a) Le chlore dans le foie.

Le tableau XIV, qui contient les résultats de nos analyses du foie chez 14 chiens d'âge compris entre 4 jours et 8 ans, montre que, pour le chlore comme pour le soufre, il y a des fluctuations importantes, mais indépendantes, semble-t-il, de l'âge. Dans le tableau ci-dessous, nous donnons les valeurs moyennes pour chaque espèce (toujours dans l'ordre des teneurs croissantes) :

Espèce	Cl % Foie frais	Espèce	Cl % Foie sec
Coq	0,029	Coq	0,109
Grenouille	0,034	Grenouille	0,141
Escargot	0,041	Escargot	0,155
Poisson	0,085	Poisson	0,299
Lapin	0,115	Chien ¹	0,449
Chien ¹	0,126	Lapin	0,485
Cobaye	0,137	Cobaye	0,561
Chat	0,234	Chat	0,682

On voit que la teneur du foie en chlore varie d'une façon considérable d'une espèce à une autre.

b) Le chlore dans la rate.

La teneur en chlore de la rate varie d'une façon exceptionnellement nette en fonction de l'âge. Nous avons déjà vu qu'il en était ainsi pour le soufre ; mais les variations de ces deux éléments sont de sens inverse. Ici, c'est à une diminution avec l'âge que nous avons affaire, comme le montrent les valeurs moyennes pour les deux groupes de chiens :

Cl. dans 100 p. de rate	Chiens jeunes Chiens adultes	
	fraîche	sèche
	0,164	0,143
	0,781	0,636

L'examen des teneurs individuelles montre que cette variation avec l'âge est un phénomène d'une assez grande régularité.

La comparaison entre espèces permet de constater que les rates de chat et de cobaye sont plus pauvres, tandis que la rate de lapin est plus riche que celle de chien en chlore.

c) Le chlore dans les reins.

Nos analyses de la proportion de chlore contenu dans les reins indiquent que les teneurs sont très voisines pour

¹ Nous n'avons pas compris dans cette moyenne le foie du chien BB₁, qui était d'une pauvreté anormale en chlore.

les reins des carnivores (chien et chat), mais notablement plus faibles pour les reins des herbivores (lapin et cobaye). Quant aux reins de coq, ils occupent une place bien à part par leur extrême pauvreté en chlore.

Cl % Reins frais		Cl % Reins secs	
Coq	0,012	Coq	0,057
Cobaye	0,180	Cobaye	0,782
Lapin	0,184	Lapin	0,875
Chien	0,244	Chat	1,203
Chat	0,309	Chien	1,226

C. Le chlore dans les muscles squelettiques et dans le muscle cardiaque.

La littérature est particulièrement riche en documents relatifs à la teneur des muscles en chlore. Nous avons reproduit les principaux chiffres des auteurs sur un tableau spécial (Tableau XV). L'examen de ce tableau révèle des différences systématiques dans les analyses de plusieurs auteurs. Un des facteurs les plus importants de ces différences personnelles semble être la proportion de sang restée dans les muscles. Cette influence qui, d'après LANGLOIS et RICHET, détermine dans les tissus une variation de la teneur en chlore pouvant aller jusqu'à 40 %, s'exerce d'une façon toute spéciale sur les muscles. Nous rapprochons les uns des autres nos chiffres et ceux des auteurs pour le chien, le lapin et le coq.

Cl %	KATZ		BERESKIN		LANGLOIS & RICHET	COSTANTINO		Déterminations personnelles	
	frais	secs	frais	secs		frais	secs	frais	secs
Muscles :									
Chien	0,080	0,341	0,033	0,141	0,086	0,027	0,110	0,024	0,103
Lapin	0,051	0,220				0,027	0,110	0,031	0,141
Coq	0,060	0,190				0,028	0,114	0,029	0,115

Nos chiffres sont tout à fait analogues à ceux de COSTANTINO ¹, qui a opéré également chez des animaux exsangues. Ils sont au contraire beaucoup plus faibles que ceux de KATZ qui n'indique pas que ses animaux aient été saignés. On peut donc supposer que le grand écart constaté provient en majeure partie de cette cause. Il est probable que c'est pour la même raison que, exceptionnellement, les chiffres de BERESKIN sont relativement forts. Mais nous sommes très embarrassé pour interpréter la divergence qui existe entre nos chiffres et ceux de LANGLOIS et RICHET. En effet, le chiffre le plus faible de ces auteurs est 0.064, tandis que notre chiffre le plus fort chez le chien est 0.032. Notons encore que, chez des chiens non hémorragiés, LANGLOIS et RICHET ont obtenu des teneurs extrêmement élevées, supérieures à 0.2 %.

Dans notre étude de la teneur des muscles en soufre, nous avons distingué les muscles rouges et les muscles blancs, chez les espèces où cette différence existe. Nous avons fait de même dans le cas du chlore, et, sur ce point, pour le chlore, nous avons été précédé par COSTANTINO qui a publié son travail alors que le nôtre était en cours d'exécution.

Voici les résultats de cet auteur ainsi que nos résultats personnels :

		COSTANTINO		Déterminations personnelles	
		frais	secs	frais	secs
Lapin	Cl $\frac{\%}{0}$ Muscles rouges . . .	0,028	0,115	0,042	0,182
	Cl $\frac{\%}{0}$ » blancs . . .	0,026	0,104	0,037	0,162
Coq	Cl $\frac{\%}{0}$ Muscles rouges . . .	0,032	0,133	0,031	0,118
	Cl $\frac{\%}{0}$ » blancs . . .	0,025	0,095	0,027	0,107

¹ A, COSTANTINO, Ueber den Gehalt der (weissen und roten) quergestreiften und glatten Muskeln verschiedener Tiere an Kalium, Natrium und Chlcr. *Biochem. Zeitschr.*, XXXVII, 72-73 ; 1911.

On voit que les muscles blancs sont toujours plus pauvres en chlore que les muscles rouges, qu'il s'agisse de la substance fraîche ou de la substance sèche. Nous avons déjà relevé la même différence entre les deux catégories de muscles pour la teneur en soufre.

Il faut ajouter que, d'après nos résultats, quand on passe des jeunes sujets aux plus âgés, on observe une augmentation de la teneur en chlore chez le chien et chez le lapin.

Pour l'augmentation de la teneur d'après l'espèce, nous obtenons l'ordre suivant :

Cl % Muscles squelettiques frais		Cl % Muscles squelettiques secs	
Chien	0,024	Chien	0,103
Coq (B)	0,027	Coq (B)	0,107
Coq (R)	0,031	Coq (R)	0,118
Lapin (B)	0,037	Lapin (B)	0,162
Lapin (R)	0,042	Chat	0,175
Chat	0,043	Lapin (R)	0,182
Grenouille	0,048	Grenouille	0,223
Poisson	0,060	Ecrevisse	0,270
Ecrevisse	0,060	Poisson	0,305

Nous donnons enfin les valeurs moyennes pour la teneur en chlore du cœur :

	Cl % Muscle cardiaque frais	Cl % Muscle cardiaque sec
Chien	0,074	0,333
Coq	0,079	0,349
Chat	0,090	0,351

Nos chiffres indiquent donc que le cœur est beaucoup plus riche en chlore que les muscles squelettiques ; mais cette différence tient peut-être surtout à ce qu'il est plus difficile de débarrasser le cœur de sang.

D. Le chlore dans la bile et dans l'urine.

Ce que nous avons dit au sujet des recherches de nos prédécesseurs et de nos propres recherches pour le soufre est aussi valable pour le chlore. Voici les résultats de quelques déterminations que nous avons eu l'occasion de faire :

Espèce	Cl dans 100 p. à l'état frais	
	BILE	URINE
Chien BB ₁	0,0131	0,131
» CC	0,0049	
Chat	0,0044	0,099
Cobaye		0,077
Coq	0,019	
Poule IV	0,023	
» III	0,022	
Escargot.	0,0191	

Espèce	Age du sujet	Sexe	Poids du sujet	HÉMISPHERES CÉRÉBRAUX				
				Poids de l'organe		H ₂ O p. 100	Cl ‰	
				frais	sec		Organe frais	Organe sec
			Kg.	Gr.	Gr.			
Chien BB	4 jours (2 sujets)	♂	1,540 ₂	12,80 ₂	2,381 ₂	89,2	0,178	1,658
» BB ₁	15 »	♂	2,060	26,35	2,914	88,9	0,196	1,772
» * H	5 semaines	♀	10,000	62,23	11,40	81,6	0,218	1,188
» K ₅	6 »	♂	5,000	44,81	6,69	85,1	0,173	1,164
» BB ₂	1 mois 1/2	♀	4,120	43,10	7,150	83,4	0,161	0,969
» I ₂	2 » 1/2	♂	6,500	62,02	10,75	82,7	0,145	0,840
» Q	4 »	♂	24,000	90,25	17,09	81,1	0,155	0,822
» G	6 »	♀	6,000	47,76	8,95	81,3	0,158	0,846
» A	9 »	♂	13,000	64,35	12,96	78,3	0,190	0,877
» J	9 » 1/2	♀	7,000					
» E	10 »	♂	13,500					
» L	1 an et 1 mois	♀	14,000	73,25	15,49	78,8	0,182	0,861
» B	2 »	♂	16,000					
» S	3 »	♂	35,000	90,18	21,21	76,5	0,195	0,831
» CC	5 » 1/2	♀	13,600	62,31	13,49	78,4	0,174	0,809
» AA	7 »	♀	9,500	57,60	13,19	77,1	0,170	0,783
» P	8 »	♂	32,000	80,30	17,75	77,9	0,173	0,785
Chat	9 »	♂	3,010	20,60	4,56	77,8	0,193	0,870
ENCÉPHALE								
Lapin α & β	2 mois (2 sujets)	♂ ♀	1,530 ₂	17,10 ₂	3,462 ₂	80,5	0,083	0,479
» γ	1 an et 3 mois	♀	3,000	10,25	2,2263	78,3	0,074	0,342
Cobaye	1 an (2 sujets)	♂ ♀	1,490 ₂	7,700 ₂	1,674 ₂	78,2	0,075	0,349
Coq I et II	3 mois	♂	2,300 ₂	6,50 ₂	1,291 ₂	81,2	0,066	0,352
Poule IV	3 ans	♀	1,260	3,35	0,710	78,8	0,047	0,225
» III	4 »	♀	1,310	3,20	0,675	78,9	0,035	0,199

CERVELET ET ISTHME					MOELLE ÉPINIÈRE					NERFS		
Poids de l'organe		H ₂ O p. 100	Cl %		Poids de l'organe		H ₂ O p. 100	Cl %		H ₂ O p. 100	Cl %	
frais	sec		Org. frais	Organe sec	frais	sec		Org. frais	Organe sec		Org. frais	Organe sec
Gr.	Gr.				Gr.	Gr.						
5,39 ₃	0,7470 ₃	86,1	0,018	0,133	3,21 ₃	0,5410 ₃	83,1	0,021	0,130			
11,21	2,3380	80,0	0,031	0,156								
7,10	1,3800	80,5	0,026	0,136	3,65	0,8610	76,4	0,033	0,143			
9,96	1,9794	80,1	0,025	0,127						72,3	0,188	0,681
15,34	3,3132	78,4	0,028	0,132	18,86	5,6088	70,3	0,041	0,140	67,0	0,279	0,846
9,42	2,0500	78,1	0,028	0,132								
										55,5	0,270	0,607
11,59	2,5980	77,6	0,029	0,132								
14,71	3,3628	77,1	0,031	0,138	18,20	5,3666	70,5	0,026	0,089	61,5	0,211	0,549
										43,9	0,183	0,327
17,48	4,4776	74,4	0,030	0,119	27,27	8,7732	67,5	0,035	0,109	61,1	0,198	0,511
13,40	3,2775	75,5	0,031	0,128	13,90	4,5990	66,9	0,048	0,146	60,0	0,193	0,484
11,25	2,7000	76,0	0,035	0,146	12,45	3,8500	69,1	0,042	0,136			
15,08	3,6684	75,7	0,033	0,136	23,29	7,4918	67,8	0,051	0,160	50,7	0,239	0,485
6,35	1,5360	75,8	0,030	0,126	8,19	2,8270	65,5	0,057	0,166			
					4,40 ₂	1,3591 ₂	69,1	0,060	0,196			
					5,27	1,8665	64,7	0,079	0,224			
					2,40 ₂	0,7428 ₂	69,0	0,055	0,178			
					2,82 ₂	0,8430 ₂	70,1	0,072	0,244			
					1,60	0,5658	64,6	0,068	0,195			
					1,85	0,6358	65,7	0,070	0,205			

Espèce	Age du sujet	Sexe	Poids du sujet	FOIE				
				Poids de l'organe		H ₂ O p. 100	Cl ‰	
				frais	sec		frais	sec
			Kg.	Gr.	Gr.			
Chien BB	4 jours (2 sujets)	♂	1,540 $\frac{1}{2}$	72,35 $\frac{1}{2}$	16,32 $\frac{1}{3}$	77,4	0,127	0,566
Chien BB ₁	15 »	♂	2,060	77,45	18,08	76,6	0,057	0,244
» H	5 semaines	♀	10,000	252,00	64,048	72,6	0,135	0,496
» K ₅	6 »	♂	5,000	165,00	44,880	72,8	0,122	0,415
» BB ₂	1 mois $\frac{1}{2}$	♀	4,120	119,00	31,332	73,7	0,132	0,504
» I ₂	2 »	♂	6,500	248,00	65,937	73,4	0,114	0,430
» Q	4 »	♂	24,000	649,00	175,775	72,9	0,115	0,426
» G	6 »	♀	6,000	138,00	41,814	69,7	0,109	0,360
» A	9 »	♂	13,000	294,00	86,142	70,7	0,137	0,469
» L	1 an et 1 mois	♀	14,000	370,00	112,846	69,5	0,136	0,448
» S	3 ans	♂	35,000	579,00	171,624	70,3	0,122	0,411
» CC	5 ans $\frac{1}{2}$	♀	13,600	292,00	85,205	70,9	0,126	0,435
» AA	7 »	♀	9,500	153,24	47,28	69,1	0,134	0,435
» P	8 »	♂	32,000	459,00	197,577	70,9	0,129	0,446
Chat	9 »	♂	3,010	55,00	19,307	65,6	0,234	0,682
Lapin α	2 mois	♂	0,730	24,45	5,542	77,3	0,137	0,604
» β	2 »	♀	0,800	23,20	5,574	75,9	0,125	0,518
» γ	1 an et 3 mois	♀	3,000	75,35	19,153	74,7	0,084	0,333
Cobaye	1 an (2 sujets)	♂ ♀	0,600 $\frac{1}{2}$	61,35 $\frac{1}{2}$	15,012 $\frac{1}{2}$	75,5	0,137	0,561
Coq I	3 mois	♂	1,160	25,70	6,682	74,0	0,035	0,135
» II	3 »	♂	1,140	22,81	6,252	72,6	0,039	0,145
Poule IV	3 ans	♀	1,260	18,13	5,353	70,5	0,027	0,093
» III	4 »	♀	1,310	31,10	8,670	72,1	0,017	0,064
Grenouille	—					75,6	0,038	0,155
»	—					75,6	0,031	0,128
Poisson A	—	♀	1,000	17,25	4,616	73,2	0,082	0,310
» B	—	♀	0,850	17,25	5,150	70,1	0,090	0,301
» C	—	♀	0,650	11,10	3,293	70,3	0,085	0,288
Escargot	—					73,7	0,041	0,155

RATE					REINS				
Poids de l'organe		H ₂ O p. 100	Cl %		Poids de l'organe		H ₂ O p. 100	Cl %	
frais	sec		Organe frais	Organe sec	frais	sec		Organe frais	Organe sec
Gr.	Gr.				Gr.	Gr.			
6,05 ₂	1,263 ₂	79,1	0,184	0,881					
9,050	1,821	79,9	0,155	0,776	17,90	2,803	84,3	0,202	1,286
13,41	2,880	78,5	0,172	0,801					
9,81	1,994	79,7	0,158	0,779					
11,05	2,129	78,9	0,164	0,778	22,25	4,311	80,6	0,202	1,036
8,90	1,853	79,2	0,160	0,773					
50,72	10,620	79,0	0,161	0,771					
12,39	2,798	77,4	0,168	0,744					
33,00	7,120	78,4	0,157	0,729					
25,43	5,688	77,6	0,162	0,724					
77,52	17,070	77,9	0,153	0,697					
23,65	5,255	77,8	0,145	0,655	45,86	11,172	75,6	0,329	1,351
11,90	2,750	76,9	0,131	0,567					
71,27	16,510	76,8	0,124	0,537					
3,30	0,787	76,1	0,105	0,440	15,95	4,102	74,3	0,309	1,203
0,70 ₂	0,162 ₂	76,8	0,208	0,898	11,30 ₂	2,279 ₂	79,8	0,175	0,867
1,340	0,3306	75,3	0,183	0,740	15,57	3,412	78,1	0,193	0,884
2,750 ₂	0,6294 ₂	77,4	0,105	0,464	10,60 ₂	2,448 ₂	76,9	0,180	0,782
					7,90	1,661	79,0	0,012	0,057
					6,30	1,378	78,2	0,011	0,052
					6,74	1,552	77,1	0,014	0,063

Espèce	Age du sujet	Sexe	Poids du sujet	MUSCLES			CŒUR		
				H ₂ O p. 100	Cl %		H ₂ O p. 100	Cl %	
					Tissu frais	Tissu sec		Tissu frais	Tissu sec
			Kg.						
Chien BB ₁	15 jours	♂	2,060	82,9	0,016	0,097	81,2	0,052	0,281
» BB ₂	1 mois 1/2	♀	4,120	71,3	0,027	0,097	79,2	0,066	0,320
» CC	5 ans 1/2	♀	13,600	72,6	0,031	0,117	73,9	0,104	0,400
Chat	9 ans	♂	3,010	75,0	0,043	0,174	74,1	0,090	0,351
Lapin α	2 mois	♂	0,730	79,1	0,023	0,112			
» β	2 »	♀	0,800	80,0	0,021	0,108			
» γ	1 an et 1 mois	♀	3,000	76,3 (R)	0,042	0,180			
				76,0 (B)	0,038	0,161			
Cobaye	1 an (2 sujets)	♂ ♀	1,490/2	76,4	0,024	0,104			
Coq I	3 mois	♂	1,160	75,1	0,031	0,125			
» II	3 »	♂	1,140	76,0 (R)	0,030	0,126	77,9	0,061	0,280
				75,1 (B)	0,026	0,107			
				75,1 (R)	0,026	0,106			
Poule IV	3 ans	♀	1,260	75,6 (B)	0,026	0,107	76,1	0,088	0,371
				76,5 (R)	0,027	0,117			
» III	4 »	♀	1,310	73,3 (B)	0,026	0,101	77,4	0,089	0,398
Grenouille	—			82,1	0,048	0,223			
Poisson A	—	♀	1,000	79,9	0,068	0,338			
» B	—	♀	0,850	79,8	0,057	0,284			
» C	—	♀	0,650	80,1	0,057	0,290			
Ecrevisse	—			78,2	0,060	0,276			

Le Chlore dans le Névrase

Tableau XVI

Organe	Espèce	Cl % tissu frais	Cl % tissu sec	Observations	Auteurs
Cerveau	Chien	0,093	0,433		
»	»	0,075	0,367		
»	»	0,122	0,618		Nencki & Simanowsky (loc. cit.) ; 1895.
»	»	0,101	0,491		
»	»	0,111	0,535		
»	Homme	0,222	0,72	Mort depneum.	
»	Femme	0,153	1,05	» cancer	
»	»	0,213	3,00	» »	W.v. Moraczewski , Die Mineralbestandtheile der Menschlichen Organe. <i>Zeitschr. f. physiol. chem.</i> , XXIII, 483; 1897.
»	»	0,152	0,82	» aném. pern.	
»	Homme	0,145	0,68	» hémorr.	
»	»	0,070		Normal	
»	Chien	0,155			
»	»	0,143			
»	»	0,153			
»	»	0,148	0,1512	Hémorragiés	
»	»	0,172			
»	»	0,145			
»	»	0,139			
»	»	0,221			
»	»	0,212			
»	»	0,185			
»	»	0,274			
»	»	0,212			
»	»	0,170	0,2119	Non hémorrag.	Langlois & Richet (loc. cit.) ; 1900.
»	»	0,217			
»	»	0,265			
»	»	0,216			
»	»	0,171			
»	»	0,206			
»	Mouton	0,189			
»	»	0,174			
»	»	0,213	0,1959		
»	»	0,200			
»	»	0,207			
»	»	0,191			
»	Chien	0,185			W. Wahlgren , <i>Arch. f. experim. Pathol. und Pharmacol.</i> , LXI, 97; 1909.
»	Homme	0,130			Magnus-Levy (loc. cit.) ; 1910.
Moelle ép.	Chien	0,044	0,137		
		0,046	0,158		
		0,039	0,043		Nencki & Simanowsky (loc. cit.) ; 1895.
		0,044	0,155		
		0,043	0,141		

Le Chlore dans le Foie, la Rate et les Reins

Tableau XVII

Organe	Espèce	Cl $\frac{0}{0}$ tissu frais	Cl $\frac{0}{0}$ tissu sec	Observations	Auteurs
Foie	Chien	0,014	0,047		
	»	» 0,024	0,078		
	»	» 0,026	0,087		Nencki & Simanowsky (loc. cit.); 1895.
	»	» 0,022	0,073		
	»	» 0,039	0,140	Mort de :	
	»	Femme 0,092	0,29	pneumonie	
	»	Homme 0,271	1,85	»	
	»	Femme 0,191	1,11	cancer	
	»	Homme 0,184	0,64	»	
	»	Femme 0,174	0,45	»	v. Moraczewski (loc. cit.); 1897.
	»	Homme 0,153	0,90	»	
	»	Femme 0,216	2,37	anémie pern.	
	»	Homme 0,125	0,72	»	
	»	» 0,209	4,62	hémorragie	
	»	» 0,027		Normal	
	Chien	0,127			
	»	» 0,125			
	»	» 0,153	0,1331		Hémorragiés
	»	» 0,114			
	»	» 0,144			
Rate	»	» 0,213			Langlois & Richet (loc. cit.); 1900.
	»	» 0,201			
	»	» 0,200	0,1982		Non
	»	» 0,162			hémorragiés
	»	» 0,195			
	»	» 0,211			Ingelfinger, An. d. Münch. städt. Krankenh., XII, 174; 1902.
	»	Homme 0,132			Brandenstein und Chajes, Senator Festschrift; 1904.
	»	Lapin 0,090			Wahlgren (loc. cit.) 1909.
	»	» 0,132			Magnus-Levy (loc. cit.); 1910.
	»	Chien 0,126			
	»	Homme 0,096			
	Chien	0,121	0,532		
	»	» 0,125	0,541		
	»	» 0,100	0,471	0,482	Nencki & Simanowsky (loc. cit.); 1895.
	»	» 0,101	0,465		Magnus-Levy (loc. cit.); 1910.
	»	» 0,088	0,402		
	»	Homme 0,161			
Reins	Chien	0,111	0,465		
	»	» 0,109	0,503		
	»	» 0,138	0,600	0,528	Nencki & Simanowsky (loc. cit.); 1895.
	»	» 0,132	0,562		
	»	» 0,121	0,512		
	»	» 0,2682			
	»	» 0,2522			
	»	» 0,2806			
	»	» 0,2071	0,2536		Hémorragiés
	»	» 0,2602			
	»	» 0,1930			Langlois & Richet (loc. cit.); 1900.
	»	» 0,2577			
	»	» 0,2612			
	»	» 0,3080	0,2714		Non
	»	» 0,2302			hémorragiés
	»	» 0,3000			
	Chien	0,258			Wahlgren (loc. cit.); 1909.
	Homme	0,208			Magnus-Levy (loc. cit.); 1910.

Le Chlore dans les Muscles

Tableau XVIII

Organe	Espèce	Cl % tissu frais	Cl. % tissu sec	Observations	Auteurs
Muscles	Bœuf	0,070		Viande grasse	Bunge (loc. cit.); 1885.
»	Chien	0,038	0,154 0,119 0,118 0,173		Nencki & Simanowsky (loc. cit.); 1895.
»	»	0,027			
»	»	0,028			
»	»	0,040			
»	Homme	0,0700	0,2552	}	Katz (loc. cit.); 1896.
»	Porc	0,0484	0,1787		
»	Bœuf	0,0566	0,2342		
»	Veau	0,0672	0,2733		
»	Cerf	0,0404	0,1637		
»	Lapin	0,0511	0,2206		
»	Chien	0,0805	0,3415		
»	Chat	0,0566	0,2257		
»	Poule	0,0602	0,1904		
»	Grenouille	0,0402	0,2190		
»	Anguille	0,0344	0,0935		
»	Brochet	0,0319	0,1548		
»	Chien	0,1142	0,0863	Hémorragiés	Langlois & Richet (loc. cit.); 1900.
»	»	0,0926			
»	»	0,0831			
»	»	0,0777			
»	»	0,0642	0,1549	Non hémorragiés	Ingelfinger (loc. cit.); 1902.
»	»	0,1721			
»	»	0,2014			
»	»	0,1010			
»	Homme	0,062			Wahlgren (loc. cit.); 1909
»	Chien	0,074			Magnus-Levy (loc. cit.); 1910.
»	Homme	0,061			
»	Taureau	0,0247	0,1106	Striés	Costantino (loc. cit.); 1911.
»	Vache	0,0304	0,1254	»	
»	Buffle	0,0467	0,1992	»	
»	Cheval	0,0318	0,1332	»	
»	Lapin	0,0288	0,1150	Rouges	
»	»	0,0262	0,1040	Blancs	
»	Chienne	0,0277	0,1102	Cuisses-Striés	
»	Coq	0,0328	0,1335	Rouges	
»	»	0,0255	0,0953	Blancs	
»	Dindon	0,0279	0,1069	Rouges	
»	»	0,0334	0,1219	Blancs	

CURRICULUM VITAE

Io sono nato nel 1882, a Milano (Italia), da Antonio (†) ed Antonietta (†) Rivolta.

Terminati i miei studi primari e secondari a Milano, nel 1902 fui assunto professore nel collegio F. Soave, a Bellinzona (C. Ticino), dove rimasi fino al marzo del 1908.

Nell'aprile del 1908 fui immatricolato regolarmente alla Facoltà di Scienze dell'Università di Friburgo. Nel semestre d'inverno del 1910-11 incominciai la presente tesi, che terminai verso la fine del semestre d'inverno dell'anno seguente 1911-12, che mi valse per ottenere il titolo di dottore ès scienze dopo l'esame orale subito il 14 giugno.

Ho seguito i corsi e frequentato i laboratori dei Signori Professori : Bistrzycki, Kowalski, Baumhauer, Dhéré, Kathariner, Estreicher, Ursprung, Girard, Glücksmann, Gyr.

A tutti coloro che furono miei maestri, io offro i miei ringraziamenti sinceri; devo un omaggio di gratitudine tutto particolare ai professori Bistrzycki e Glücksmann per la benevolenza colla quale essi mi hanno diretto nell'incominciamento dei miei studi chimici il primo, nei miei studi battereologici il secondo.

